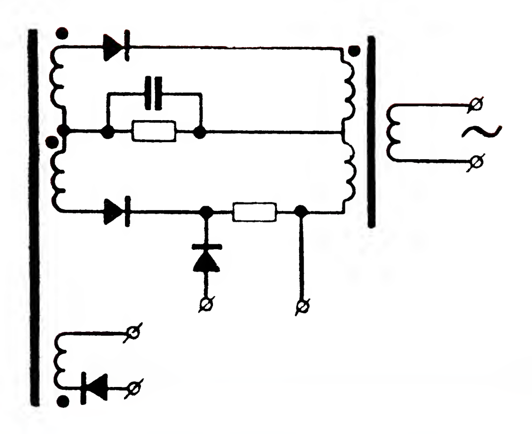
библиотека по автоматике

В. Н. Тутевич, В. В. Наумченко, В. М. Жуков и О. Н. Гризодубова

Временные системы телеуправления на магнитных и ионных элементах



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

БИБЛИОТЕКА ПО АВТОМАТИКЕ

Выпуск 205

В. Н. ТУТЕВИЧ, В. В. НАУМЧЕНКО, В. М. ЖУКОВ,
О. Н. ГРИЗОДУБОВА

ВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ НА МАГНИТНЫХ И ИОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1966 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.398

Т 91

В книге излагаются оригинальные работы авторов в области построения бесконтактных систем телеуправления на ленточных магнитных элементах с прямоугольной петлей гистерезиса и тиратронах тлеющего разряда. Рассматриваются некоторые вопросы разработки и расчета функциональных узлов и блоков систем на этих элементах. Книга рассчитана на специалистов в области телемеханики.

Тутевич Виктор Николаевич,
Наумченко Валентин Владимирович,
Жуков Валерий Михайлович
и Гризодубова Ольга Николаевна

Временные системы телеуправления на магнитных и ионных элементах

М.—Л., изд-во «Энергия», 1966, 192 с. с черт. (Библиотека по автоматике, вып. 205).

3-3-13
———
292-66

Редактор *А. Н. Юрасов* Техн. редактор *В. Н. Малькова*

Сдано в набор 2/VI 1966 г. Подписано к печати 7/X 1966 г.
Т-01172 Бумага типографская № 1 84×108$^1/_{32}$ Печ. л. 10,08 Уч.-изд. л. 9,61
Тираж 13 000 экз. Цена 51 коп. Заказ 2463

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из отличительных особенностей устройств телемеханики является многократное использование линии связи для передачи по ней многих сообщений. Для этой цели применяется либо временной способ разделения сигналов, либо частотный, либо комбинация того и другого способов. Временное разделение отличается большей универсальностью. Так, для многократных телеизмерений применяется только временной способ, а в устройствах телеуправления и телесигнализации (ТУ—ТС) доминирующую роль составляют временные системы ТУ—ТС, выпускаемые сейчас на бесконтактных элементах.

Временные системы ТУ—ТС могут быть как спорадического действия, так и непрерывного. Системы телемеханики, которые строились на контактных электромагнитных реле, были системами спорадического действия, что объяснялось малым быстродействием и недолговечностью этих реле. В связи с появлением быстродействующих и долговечных бесконтактных элементов (БЭ) целесообразным явилось построение системы телемеханики непрерывного действия. Такая система была впервые построена в 1954 г. [Л. 7].

Вследствие того, что основной частью систем ТС и ТУ—ТС с временным разделением являются распределители и что надежность работы всей системы определяется в значительной мере надежностью синхронизации ее распределителей, тогда же [Л. 7] был предложен принцип жесткоциклической синхронизации, заключающийся в том, что генераторами тактовых импульсов, переключающих распределители на пункте управления (ПУ) и контролируемом пункте (КП), является единая про-

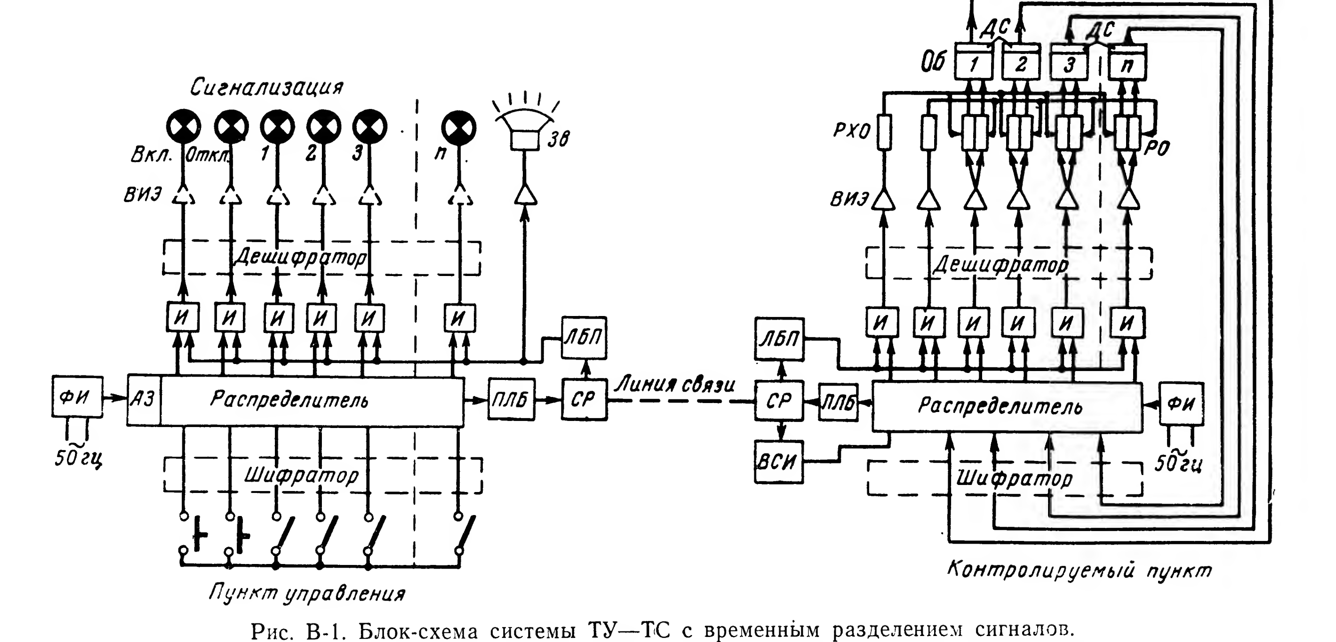


Рис. В-1. Блок-схема системы ТУ—ТС с временным разделением сигналов.

ВИЭ — выходные исполнительные элементы; *Зв* — звонок; *И* — схемы совпадения (схемы *И*); *ФИ* — формирователь импульсов; *АЗ* — блок автозапуска распределителя; *ЛБП* — приемный линейный блок; *ПЛБ* — передающий линейный блок; *СР* — схема развязки; *ВСИ* — выделитель синхронизирующего импульса; *РХО* — реле характера операций (включить, отключить); *РО* — реле объекта; *Об* — объект; *ДС* — датчики сигнализации.

мышленная сеть переменного тока. При этом один из распределителей делается ведущим (он обычно замкнут в кольцо) и посылает 1 раз в цикл синхронизирующий импульс на ведомый распределитель, который не замкнут в кольцо. Таким образом, при жесткоциклической синхронизации происходит не синхронизация генераторов, переключающих распределители (генератор один, общий — сеть переменного тока), а синфазирование 1 раз в цикл самих распределителей. Построенная по такому принципу система телемеханики оказывается циклической или непрерывно действующей, ее структура упрощается, повышается быстродействие и оперативность управления и облегчается контроль за исправностью работы самой системы.

В последней главе этой книги рассматриваются только системы, разработанные авторами и построенные по вышеизложенному принципу; следует отметить, что большинство систем, выпускаемых промышленностью (разработки других авторов), также использует этот принцип. Считая методы построения временных систем ТУ—ТС известными, остановимся кратко на структуре такой системы, что необходимо для дальнейшего изложения материала.

Бесконтактная система ТУ—ТС состоит из следующих функциональных блоков (рис. В-1):

1) Синхронно работающих распределителей на пункте управления (ПУ) или диспетчерском пункте и на контролируемом пункте (КП).

2) Логических схем (например, схемы И), запоминающих устройств, блоков согласования и линейных блоков (блоки выхода в линию связи и блоки приема сигналов из линии связи, которые усиливают и формируют сигналы и согласовывают нагрузки).

3) Выходных исполнительных элементов (ВИЭ) для включения и отключения электромагнитных реле или контакторов объектов.

4) Блоков регистрации сигналов на пульте управления о состоянии контролируемых объектов или о выполнении команд.

5) Источников питания.

В том случае, если система телемеханики работает совместно с вычислительной машиной, функции ее несколько видоизменяются, однако основные узлы и блоки системы остаются теми же. При этом добавляются некоторые новые блоки для связи с вычислительной машиной.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

СРАВНЕНИЕ БЕСКОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В 1940—1950 гг. был разработан целый ряд новых бесконтактных элементов (БЭ), которые предназначались для замены менее надежных и недолговечных контактных электромагнитных реле и электронных ламп. К таким БЭ относятся полупроводниковые приборы (транзисторы и диоды), ферритовые и металлические ленточные магнитные элементы с прямоугольной петлей гистерезиса (МЭППГ[1]), безнакальные приборы тлеющего разряда (тиратроны тлеющего разряда).

В 1950 — 1960 гг. был освоен серийный выпуск этих элементов и продолжалась разработка новых БЭ. Одновременно начались исследования по использованию разработанных элементов для создания бесконтактных устройств телемеханики. Необходимо было, учитывая специфику устройств телемеханики, отобрать наиболее подходящие для них БЭ и разработать новые принципы построения как самих устройств, так и отдельных блоков, ибо простая замена контактных элементов на бесконтактные не давала удовлетворительных решений—новым элементам требовались новые идеи для их наилучшего использования. Шестидесятые годы знаменуют собой массовый серийный выпуск бесконтактных устройств телемеханики. Если раньше устройства телемеханики применялись в основном в энергетике и железнодорожном транспорте, то теперь к ним добавились заводы—комбинаты, промыслы, шахты, рудники, газопроводы, связь, коммунальное хозяйство, аэродромы, сельское хозяйство и пр. Это дает

[1] Под магнитным элементом понимается сердечник с намотанными на него обмотками.

основание утверждать, что возникла новая отрасль современной техники — промышленная телемеханика. Однако до сих пор еще окончательно не установлено, какие из БЭ являются наиболее пригодными для целей телемеханики. Это объясняется, в частности, тем, что процесс совершенствования БЭ и возникновение новых еще продолжаются. Приведем некоторые соображения по сравнению элементов и систем телемеханики, выполняемых на БЭ.

Как указывалось выше, устройства или системы ТУ—ТС состоят из целого ряда блоков и логических схем. Рассмотрим, на каких бесконтактных элементах могут выполняться как эти блоки и схемы, так и вся система в целом. Заметим, что сопротивления, емкости, индуктивности из рассмотрения исключаются как входящие в состав любой системы. С другой стороны, средства индикации должны рассматриваться вместе с бесконтактными элементами, так как если для индикации используются лампочки накаливания, то это снижает надежность системы вследствие того, что, во-первых, сама лампочка недолговечна из-за перегорания в ней нити накаливания и, во-вторых, для ее включения требуются контактные или бесконтактные реле. В то же время использование для индикации приборов тлеющего разряда повышает надежность системы, так как лампы, в которых отсутствуют нити накаливания, значительно долговечнее лампочек накаливания, а включение их может осуществляться непосредственно бесконтактным элементом без промежуточных схем.

Рассмотрим теперь, можно ли на одном данном типе БЭ выполнить всю систему телемеханики (все ее узлы и блоки), или для этого необходима комбинация элементов. Если расположить БЭ в ряд, начиная с наименьшего числа элементов, необходимых для построения системы, то получится следующая последовательность:

1. Приборы тлеющего разряда. Здесь они используются в качестве как функциональных элементов (распределителей, схем И, усилителей и т. п.), так и индикаторных ламп для сигнализации.

2. Транзисторы. Так как транзистор не обладает свойством свечения, то в качестве индикаторных ламп следует применять либо лампочки накаливания, либо приборы тлеющего разряда.

3. Ленточные МЭППГ (или просто ленточные сердечники), диоды и приборы тлеющего разряда. Приборы тлеющего разряда в данном случае могут использоваться как для целей индикации, так и в функциональных узлах.

4. Ферритовые МЭППГ (или просто ферриты), диоды и транзисторы. В качестве индикаторов — лампочки накаливания или лампы тлеющего разряда.

Таким образом, приборы тлеющего разряда, обладающие свойством свечения (причем свечение может быть не только красно-оранжевого цвета, но и другого в зависимости от состава газовой смеси), позволяют выполнить всю систему телемеханики только на них, без использования других БЭ. Остальные бесконтактные элементы могут обеспечить построение устройств телемеханики только в комбинации с другими элементами. Таковы теоретические возможности БЭ при построении систем телемеханики.

На практике картина оказывается иной. Дело в том, что стремление выполнить всю систему, т. е. все ее узлы и блоки, только на данном элементе не дает оптимальных решений. Сферы использования устройств телемеханики и требования, предъявляемые к ним, настолько широки и разнообразны, что едва ли использование только одного БЭ сможет наилучшим образом удовлетворить этим требованиям. Одни функциональные блоки могут быть выполнены наилучшим образом на одних элементах, а другие — на других. К оптимальным решениям, как правило, приводит не увлечение только одним БЭ, а умелое сочетание различных элементов для нахождения оптимальных решений. Так, опыт показал, что несмотря на ряд замечательных свойств приборов тлеющего разряда, на которых мы остановимся ниже, построение конкурентоспособных систем телемеханики только на них пока едва ли будет целесообразным, так как, повторяем, некоторые узлы все же лучше могут быть выполнены на других элементах. Пока в этой работе мы рекомендуем использовать приборы тлеющего разряда во временных системах телемеханики главным образом для индикации, в качестве выходных исполнительных элементов для включения электромагнитных реле и в некоторых других схемах. Однако появление в последние годы новых типов приборов тлеющего раз-

ряда и специализированного завода по их выпуску может изменить ситуацию и расширить их применение. Далее оказалось, что использование только ленточных сердечников и диодов или только ферритовых сердечников и диодов, так называемых ферритдиодных элементов (средства для индикации мы сейчас исключаем), не дает оптимальных решений при построении некоторых схем, а в ряде случаев некоторые узлы вообще не могут быть выполнены на этих элементах (например, генераторы импульсов). Поэтому ферритдиодные элементы обычно сочетаются с транзисторами, ленточными МЭППГ (которые используются в качестве формирователей импульсов) или четырехслойными диодами. Ленточные сердечники целесообразно применять в сочетании с лампами тлеющего разряда, о чем подробнее будет сказано ниже.

Таким образом, реальная последовательность БЭ и их сочетаний, используемых для построения систем телемеханики по наименьшему числу применяемых в системе бесконтактных элементов и средств индикации, является следующей:

1) Транзисторы и диоды (плюс индикаторные лампы).

2) Ферриты и транзисторы или так называемые ферриттранзисторные элементы в сочетании с диодами (плюс индикаторные лампы).

3) Ленточные МЭППГ, диоды и приборы тлеющего разряда, которые используются как в функциональных узлах, так и в качестве индикаторных ламп.

4) Ленточные МЭППГ и диоды (плюс индикаторные лампы).

5) Ферриты и диоды или так называемые ферритдиодные элементы в сочетании с другими БЭ (транзисторами, ленточными МЭППГ плюс индикаторные ленты).

Такое сочетание БЭ не случайно, оно выработалось практикой. Например, ферритовые сердечники хорошо работают с транзисторами, но хуже с приборами тлеющего разряда, которые для устойчивой работы в системах телемеханики должны работать в режиме, когда для зажигания необходимы импульсы большой амплитуды и длительности. Такие импульсы генерируются ленточными МЭППГ, поэтому их сочетание с приборами тлеющего разряда является оптимальным. На перечисленных сочетаниях БЭ и разрабатываются и выпускают-

ся системы телемеханики с временным разделением. Так как во все эти сочетания входят диоды, то мы их в дальнейшем будем опускать и системы, которые выпускаются на этих сочетаниях БЭ, будем для краткости называть: 1) транзисторные; 2) ферриттранзисторные; 3) магнитоионные; 4) магнитные; 5) ферритдиодные. Прежде чем сравнивать все эти сочетания БЭ между собой, целесообразно сравнить сначала отдельные элементы по их характеристикам, причем целесообразно провести сначала сравнение таких однородных элементов, как ленточные и ферритовые МЭППГ.

Основные характеристики ленточных и ферритовых сердечников с ППГ сведены в табл. 1-1. Из таблицы следует, что по всем показателям ленточные сердечники значительно превосходят ферритовые. Меньшая коэрцитивная сила и большая индукция позволяют при той же подводимой энергии снять с единицы объема ленточного сердечника примерно в 6 раз бо́льшую энергию, чем с ферритового. Значение $E_{ср}$ на виток показывает, что при одинаковых сечениях сердечников с одного витка ленточного сердечника можно снять большее напряжение или для получения той же величины напряжения число витков в выходной обмотке ленточного сердечника должно быть примерно в 6 раз меньше, чем у ферритового. Более высокий коэффициент прямоугольности у ленточных сердечников (отношение B_r/B_s) обеспечивает лучшее отношение полезного выходного сигнала к помехе $\left(\text{в таблице это показано как отношение } \frac{2B_r}{B_s - B_r}\right)$, причем заметим, что отношение B_r/B_s для ленточных сердечников получено при значительно большей форсировке, чем для ферритовых. При одинаковой форсировке прямоугольность петли у ферритов станет еще хуже по сравнению с ленточными МЭППГ. Особо стоит остановиться на температурных характеристиках. Ленточные сердечники могут работать при изменении температуры от —70 до +150° С, практически не изменяя свои параметры.

Таким образом, ленточные сердечники превосходят ферритовые по всем основным для устройств промышленной телемеханики техническим характеристикам. Нужно отметить, что преимущество ферритов — перемаг-

Сравнительная таблица параметров ленточных

Марка сердечника		B_s, *тл*×$\times 10^4$	H_c, *а/м*	B_r/B_s	$\frac{2B_r}{B_s-B_r}$	$E_{ср}$ на один виток, *мв* (при $f=50$ *гц*)
Ферриты	ВТ-1	2 350	123,4	0,85	11,3	4,7
	ВТ-2	2 450	71,6	0,9	18,0	4,9
	ВТ-5	2 850	11,9	0,81	8,55	5,7
	К-28	1 950	12,7	0,925	24,4	3,9
	К-65	2 600	31,8	0,88	14,6	5,2
Ленточные сердечники	50НП	15 000	9,3	0,9—0,95	18,0—38	30,0
	65НП	13 500	2,39	0,95—0,97	38—198	27,0
	34НКМП	15 500	6,3			
			11,9	0,97—0,99	65—198	31,0

ничивание с меньшими потерями на высокой частоте, являющееся главным для счетно-решающей техники, в промышленной телемеханике никакого значения не имеет, так как частота переключения сердечников в системах телемеханики лежит в пределах десятков и лишь иногда сотен герц. Однако даже в случае повышения частоты до сотен тысяч герц ленточные сердечники, будучи выполненными из тонкой ленты (пленки), могут с успехом работать, тогда как ферриты становятся неработоспособными.

Что касается свойств сердечников переносить удары и вибрацию, что, вообще говоря, имеет малое значение в промышленной телемеханике, то ленточные сердечники, будучи вложенными в специальные каркасы с заливкой смолами на эпоксидной основе, практически сохраняют все свои свойства при ударах до 10 000 *g* и вибрации до 100 *мм* при 50 *гц*. Прочность ленточных сердечников велика, и они никогда не трескаются, как это иногда случается с ферритовыми.

Таковы сравнения ленточных и ферритовых МЭППГ по их основным техническим характеристикам. Имеются и второстепенные характеристики, по которым иногда также производится сравнение. К таковым относятся: габариты сердечников, стоимость. Ленточные МЭППГ можно сделать таких же малых размеров, как феррито-

Таблица 1-1

(металлических) и ферритовых сердечников с ППГ

$\mu_{макс}$, *гн/м* $\times 10^{-3}$	ΔH_c, %		ΔB_r, %		Примечания
	−40° С	+70° С	−40° С	+70° С	
—	+35	−25	+10	−15	$\frac{B_r}{B_s}$ при $H_m = 10\,H_c$
—	+50	−22	+15	−10	
—	+160	−51	+50	−24	
—	+43	−28	+12	−16	
—	+100	−49	+28	−19	
60—100	+12	−1—4	+4	−1—4	Температурные данные для 50НП, 65НП и 34НКМП даются при −60 и +70° С; $\frac{B_r}{B_s}$ для 50НП и 34НКМП при H_m=66H_c, для 65НП при H_m=250 H_c
300—900	+7—9	−7	+2	0	
120—190	0	−0—3	+4	0—3	

вые. Ленточные сердечники больших размеров и с большим числом витков делаются специально, чтобы снять импульсы большой длительности, которые могут непосредственно посылаться в линии связи в системах телемеханики или быть использованы для включения других узлов или схем. С другой стороны, из-за технологических трудностей получить ферриты с ППГ больших размеров нельзя. При маленьких размерах ферриты генерируют очень кратковременные импульсы малой энергии, для использования которых применяются транзисторные или иные усилители. Необходимо также отметить высокую надежность МЭППГ по сравнению с другими БЭ.

Произведем теперь сравнение второй пары бесконтактных элементов, а именно транзисторов и приборов тлеющего разряда, которые по выполняемым функциям весьма близки друг к другу. Предварительно остановимся сначала на достоинствах и недостатках этих БЭ.

Достоинства транзисторов общеизвестны: большой срок службы, малые размеры, высокий к. п. д. К числу недостатков следует отнести: низкое входное сопротивление, из-за чего схемные решения в ряде случаев оказываются более громоздкими, чем при использовании приборов тлеющего разряда, трудности работы при больших отрицательных и высоких положительных температурах, изменение параметров под влиянием радиации,

строго ограниченная электрическая прочность (небольшие перенапряжения пробивают переходы).

Что касается свойств приборов тлеющего разряда, то у них есть три существенных преимущества по сравнению с транзисторами и другими БЭ, а именно: свойство свечения, легкость резервирования [Л. 3] и простота ремонта схем. Особенно важно резервирование, которое осуществляется простым припаиванием параллельно основной лампе (тиратрону) одной или нескольких ламп (тиратронов). Получается резервирование с автоматическим включением резервной лампы тлеющего разряда (тиратрона) после выхода из строя основной без применения каких-либо специальных включающих средств, которое мы условно назовем саморезервированием. Ремонт схем приборов тлеющего разряда облегчается быстротой нахождения поврежденных ламп, которые, выходя из строя, перестают светиться. Лампы тлеющего разряда, так же как и ленточные сердечники, могут работать в том же температурном диапазоне от —60 до +150° С. Выпускаемые модернизированные тиратроны МТХ-90 являются достаточно мощными, что важно как для включения электромагнитных реле, так и для получения большой яркости свечения. Наши исследования показали, что МТХ-90 могут работать при непрерывном токе в течение нескольких тысяч часов. В импульсном режиме тиратроны произвели свыше 10 миллионов включений при длительности импульса в 160 *мсек* (в первые 15 *мсек* протекал ток 100 *ма*, а в остальные 145 *мсек* —15 *ма*). Испытания были прекращены до выхода тиратронов из строя, так как такое количество срабатываний обеспечивает безотказную работу системы телемеханики на многие десятки лет. Даже если, например, считать, что по системе телемеханики в сутки передается 1 000 команд (случай весьма редкий), то и при этом срок службы тиратрона будет 30 лет! Приборы тлеющего разряда обладают высоким входным сопротивлением, потребляют малую мощность. Они дешевы. Недостатки их (нестабильность параметров различных образцов, низкая частота переключения и др.) для промышленной телемеханики не столь существенны.

Сравнение параметров транзисторов и приборов тлеющего разряда приведено в табл. 1-2 [Л. 8]. Таблица показывает, что оба элемента вполне конкурентоспособ-

Таблица 1-2

Сравнительные характеристики приборов тлеющего разряда и транзисторов, применяемых в переключающих устройствах

Показатель	Лампы тлеющего разряда	Небольшие транзисторы
Выходная мощность	Приблизительно 1,5 *вт*	Приблизительно 5 *вт*
Источник питания	100—300 *в*, ограничен минимум	1—100 *в*, ограничен максимум
Входной сигнал	2—150 *в*, ограничен минимум	Обычно 0,2 *в*
Сила тока на выходе	1—20 *ма*	1—100 *ма*
Стабильность[1]	Недостаточная только у некачественных ламп	Параметры изменяются
Срок службы	10 000 *ч* и более	10 000 *ч* и более
Температурное влияние	Влиянием температуры можно пренебречь, так как оно меньше обычного разброса параметров от образца к образцу	Необходимая температурная компенсация в схеме
Электрическая прочность	Выдерживает значительные перегрузки	Строго ограничена. При незначительных перенапряжениях возможны пробои переходов
Стоимость	Изменяющаяся или постоянная	Сильно изменяющаяся подвергается снижению
Размеры	Средние	Небольшие
Получение двух устойчивых состояний (бистабильность)	Свойственно самой лампе (одной)	Необходимо включать два транзистора
Сигналы на входе и выходе	Полярность на выходе не изменяется	Полярность на выходе изменяется
Коэффициент полезного действия переключения (отношение выходного сигнала к напряжению питания)	Низкий, порядка 50% (у МТХ-90—75%)	Высокий, до 99%
Самоиндикация	Есть	Нет
Сглаживание фильтраций источника питания	Осуществляется легко, так как сглаживается напряжение при малом токе	Осуществляется трудно, так как сглаживается относительно большой ток, что требует сложных фильтров

[1] Под стабильностью понимается изменение амплитуды импульса включения при длительном перерыве в работе схемы (своеобразное, частичное „засыпание“ элемента). В тиратронах это вызывает необходимость повышения амплитуды импульса напряжения, подаваемого на сетку для зажигания. Это — недостаток тиратрона, который усугубляется некачественным изготовлением отдельных образцов. При работе тиратрона с током подготовки такого явления практически не наблюдается. При потенциальном управлении нужно подавать на сетку сигнал с большим запасом, что, кстати, не представляет трудностей при работе тиратрона с ленточными МЭППГ.

Показатель	Лампы тлеющего разряда	Небольшие транзисторы
Подсоединение	Штепсельными выводами или пайкой	Пайкой
Влияние полей рассеяния[2]	Некоторое влияние	Редко оказывает влияние
Входное сопротивление	Высокое	Низкое
Световая чувствительность[3]	В большинстве неэкранированных ламп	Устранена экранированием
Скорость переключения[4]	Низкая (миллисекунды)	Высокая (микросекунды)
Уровень шумов	Обычно высокий	Довольно низкий
Влияние индуктивной нагрузки	Необходимы схемные решения для защиты лампы	Необходимы схемные решения для защиты транзистора
Герметизация	Дорогая	Дешевая
Работа от батарей	Несколько затруднена	Возможна
Уровень сопротивлений в схеме	Высокий	Низкий
Параметры, требующие ограничения на входе	Ток, обратное напряжение	Ток, обратное напряжение

[2] Поля рассеяния на МТХ-90 практически не влияют из-за экранирующей формы катода.

[3] Тиратроны лучше держать в закрытом кожухе, а их свечение наблюдать через красный светофильтр.

[4] Сейчас уже имеются ЛХК с водородным наполнением, обладающие быстродействием свыше 1 *мгц*.

Таблица 1-3

Относительное сравнение бесконтактных элементов

Критерии сравнения	Относительное место элемента			
	I	II	III	IV
Схемная универсальность	Прибор тлеющего разряда	Транзистор	Ленточный сердечник	Ферритовый сердечник
Помехоустойчивость	Ленточный сердечник	Ферритовый сердечник	Транзистор	Прибор тлеющего разряда
Наибольший температурный диапазон работы	То же	Лампа тлеющего разряда	Ферритовый сердечник	Транзистор
Минимально потребляемая мощность при управлении	Лампа тлеющего разряда	Транзистор	Ленточный сердечник	Ферритовый сердечник
Наименьшая опасность включения схемы при выходе БЭ из строя	Ленточный сердечник	—	Прибор тлеющего разряда	Транзистор
	Ферритовый сердечник	—		

Критерии сравнения	Относительное место элемента			
	I	II	III	IV
Возможность самореэервирования	Прибор тлеющего разряда	—	—	—
Наименьшее время ремонта схемы элемента	То же	Ленточный сердечник	Ферритовый сердечник	Транзистор
Длительность срока службы (с учетом резерва)	Ленточный сердечник	Ферритовый сердечник	Прибор тлеющего разряда	Транзистор
Наименьшая стоимость	Прибор тлеющего разряда	Транзистор	Ферритовый сердечник	Ленточный сердечник
Наименьшие размеры	Транзистор	Прибор тлеющего разряда	То же	То же
Устойчивость к радиации	Ленточный сердечник	Ферритовый сердечник	—	—
Электрическая прочность (способность к перегрузкам)	То же	То же	Приборы тлеющего разряда	Транзистор

ны. Возможно, что в одних случаях будут лучше транзисторы, а в других приборы тлеющего разряда. Преимущества приборов тлеющего разряда для телемеханики мы указывали выше.

Так как точное сравнение таких различных БЭ, как, например, ферритовые сердечники, транзисторы и т. п., по их параметрам весьма затруднительно, то нами проделано относительное сравнение БЭ (табл. 1-3). В таблице БЭ располагаются в зависимости от того, лучше или хуже они соответствуют данному критерию сравнения. Например, на первое место по схемной универсальности, под которой понимается возможность осуществления любых узлов и блоков систем телемеханики с минимальным числом элементов, поставлены приборы тлеющего разряда из-за того, что, как указывалось, они обладают большим входным сопротивлением и число элементов, необходимое для выполнения схем, оказывается, как правило, меньшим, чем при использовании транзисторов (иногда в 2 или 3 раза). Преимущество в схемной уни-

версальности у ленточных МЭППГ перед ферритами объясняется тем, что на ленточных МЭППГ, обладающих большей мощностью, можно выполнить такие схемы, какие либо нельзя сделать на ферритах, либо если и возможно, то с большей затратой мощности (например, выполнение бесконтактного выходного реле, непосредственное включение индикации без промежуточных схем, работа распределителей непосредственно от сети переменного тока без специальных формирователей и т. п.).

Для перемагничивания ленточного МЭППГ объемом 1—10 $см^3$ (примерно в таких пределах колеблются размеры сердечников, применяемых в телемеханике) нужна исключительно мощная помеха. Это явилось причиной того, что по помехоустойчивости эти элементы поставлены на первое место. Помехоустойчивость приборов тлеющего разряда и транзисторов ниже, чем у сердечников. Приборы тлеющего разряда можно загрубить соответствующим положительным смещением, о чем будет сказано ниже, которое исключает самозажигание ламп тлеющего разряда от изменения освещенности, наводок и больших импульсных помех. То же можно сделать и в некоторых транзисторных схемах, но на транзисторы освещенность не влияет.

Наибольшим температурным диапазоном обладают ленточные сердечники и приборы тлеющего разряда. Последнее место здесь, без сомнения, остается за транзисторами.

Если первое место по минимуму потребляемой для управления мощности принадлежит прибору тлеющего разряда из-за того, что он обладает высокоомным входом, то последнее отводится ферритовому сердечнику, который обладает большей коэрцитивной силой и требует большей энергии для перемагничивания, чем ленточный сердечник (при том же объеме материала).

При сравнении БЭ по наименьшей опасности включения при выходе элемента из строя транзисторы оказываются в худшем положении, так как при повреждении у них обычно наблюдается проваривание переходов и транзистор оказывается замкнутым накоротко, тогда как при отказе тиратрона или обрыве обмоток у сердечника происходит разрыв цепи. В ряде схем телемеханики (например, при выполнении выходных исполнительных эле-

ментов, включающих электромагнитные реле для управления объектами) включение схемы при выходе любого ее элемента из строя совершенно недопустимо.

Возможность саморезервирования является уникальным свойством только приборов тлеющего разряда. Остальные места трудно распределить, поэтому они остались незаполненными.

Внешний осмотр, с которого обычно начинается ремонт схем, позволяет в первую очередь обнаружить неисправный тиратрон тлеющего разряда, переставший светиться, а затем обрывы обмоток (вводов) у сердечников. Ферритовый сердечник иногда растрескивается, поэтому он поставлен на следующее место за ленточным сердечником. Внутренние повреждения транзистора требуют большого времени на проверку.

При сравнении длительности срока службы и безотказности (надежности) работы схемы первое место по праву остается за МЭППГ, но распределение остальных мест затруднительно. Меньшая надежность ферритовых сердечников по сравнению с ленточными объясняется возможностью нарушения работы схем, в которых они используются, при больших отрицательных и положительных температурах, а также возможностью растрескивания. Способность к саморезервированию резко повышает надежность тиратронов тлеющего разряда, поэтому они и поставлены впереди транзисторов.

Трудно определить первые два места в строке «наименьшая стоимость», так как хотя некоторые типы транзисторов несколько дешевле, чем, например, тиратроны тлеющего разряда типа МТХ-90, но нужно помнить, что для выполнения одной и той же схемы их всегда требуется больше, чем тиратронов тлеющего разряда.

Что касается устойчивости к радиации, то МЭППГ выходят из строя при дозе 10^{18} быстрых нейтронов на квадратный сантиметр, но после прекращения облучения восстанавливаются. Транзисторы выходят полностью из строя при дозе в 10^{11} быстрых нейтронов на квадратный сантиметр и не восстанавливаются. Рентгеновские лучи лишь нагревают МЭППГ, что несколько видоизменяет форму петли гистерезиса (согласно табл. 1-1) и полностью выводят из строя транзисторы.

Устойчивость к перегрузкам у ленточных и ферритовых сердечников определяется толщиной обмоток и, сле-

довательно, высока, тогда как транзисторы выдерживают небольшие перегрузки.

Оценивая теперь всю табл. 1-3 в целом, можно отметить, что на первом месте по всем показателям располагаются главным образом либо ленточные МЭППГ, либо приборы тлеющего разряда. Это и побудило авторов положить в основу построения систем телемеханики именно сочетание этих бесконтактных элементов.

Перейдем теперь к рассмотрению тех сочетаний БЭ, которые используются для построения систем телемеханики. Для этого случая новую таблицу, аналогичную табл. 1-3, едва ли целесообразно составлять, так как основные ее показатели даже для систем телемеханики останутся теми же. Например, по помехоустойчивости, температурным характеристикам, потребляемой мощности, наименьшей опасности включения схем, длительности срока службы, резервирования магнитоионные системы будут на первом месте. Значительно улучшится схемная универсальность у ферриттранзисторных систем, хотя это и будет достигаться опять-таки за счет большей избыточности.

Что касается надежности, то если объединение ферритового сердечника с транзистором едва ли заметно увеличит общую надежность системы по сравнению с надежностью системы, выполненной только на транзисторах или на ферритдиодных элементах с привлечением транзисторов, то при объединении магнитных элементов с приборами тлеющего разряда надежность системы, построенной на такой комбинации элементов, будет значительно выше, чем надежность системы только на магнитных элементах или приборах тлеющего разряда. Это объясняется тем, что такая комбинация элементов позволяет значительно упростить структуру системы телемеханики и уменьшить общее число блоков, а значит, и число деталей. Например, в таких системах для индикации используются приборы тлеющего разряда, которые долговечнее индикаторных лампочек накаливания и которые могут включаться непосредственно магнитными элементами распределителя, без всяких выходных исполнительных элементов или реле.

Далее в магнитоионных системах телемеханики, как это показано ниже, можно увеличить надежность за счет использования разветвленных магнитопроводов для рас-

пределителей вместо сердечников, что опять-таки уменьшает число деталей в схеме.

В некоторых системах трудно использовать приборы тлеющего разряда для сигнализации, например, если таковая осуществляется в виде мнемосхем. Однако и в этом случае магнитные и магнитоионные системы по надежности будут превосходить любые другие системы, так как для выходных исполнительных элементов, включающих лампочки накаливания, можно использовать бесконтактные магнитные реле или лампы тлеющего разряда с резервированием.

Комбинация элементов изменит соотношение между габаритами систем. Действительно, сам по себе ленточный МЭППГ при монтаже занимает больше места, чем транзистор или ферритовый сердечник, но так как магнитные или магнитоионные системы содержат меньше деталей, то общие размеры систем (на одну и ту же емкость) оказываются одинаковыми. Заметим, кстати, что в промышленных системах телемеханики, размеры, например, пункта управления определяются, за редким исключением, размерами ключей управления величиной надписей под сигнальными лампочками и т. д.

Следствием сказанного является и тот факт что хотя стоимость ленточного МЭППГ превосходит стоимость транзистора или ферритового МЭППГ (заметим, что в некоторых системах один ферритовый МЭППГ состоит из нескольких ферритовых сердечников), однако стоимость магнитных, магнитоионных, транзисторных, ферриттранзисторных и ферритдиодных систем оказывается примерно одинаковой.

В заключение отметим, что у магнитных и магнитоионных систем, даже если исключить их другие положительные качества, есть одно преимущество, которое при некоторых обстоятельствах делает возможным применение только этих устройств и никаких других, — это большая температурная стабильность, т. е. способность работать в условиях с большим перепадом температур (от —60 до +70° С, а при применении специальных конденсаторов, обмоток, сопротивлений и до более высокой температуры). Такие системы телемеханики могут работать на открытом воздухе в любой точке страны без каких-либо усложнений схем или специального термостатирования. Следует также отметить, что отдельно как

ленточные МЭППГ, так и приборы тлеющего разряда широко используются в различных отраслях техники. Так, ленточные МЭППГ применяются для магнитных усилителей, логических элементов и т. п., которые выпускаются серийно. Особенно широкое применение получили приборы тлеющего разряда за рубежом. На них выпускается различная аппаратура автоматики и начался выпуск вычислительных машин (при использовании ламп тлеющего разряда с водородным наполнением, обеспечивающим скорость переключения в несколько мегагерц). Поэтому комбинация ленточных МЭППГ и ламп тлеющего разряда для целей телемеханики является весьма перспективной. Это подтверждает многолетний опыт работы авторов.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЭППГ И ТИРАТРОНОВ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

2-1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОДИНОЧНОГО ЛЕНТОЧНОГО МЭППГ ПРИ АКТИВНОЙ НАГРУЗКЕ

В некоторых применениях импульсных магнитных элементов требуется получить на заданном сопротивлении нагрузки импульс с определенной амплитудой и длительностью. Весьма часто питание таких элементов осу-

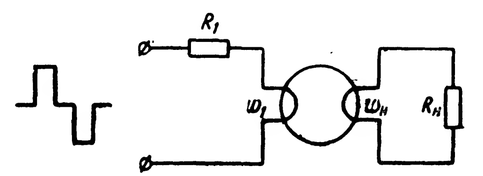


Рис. 2-1. Магнитный элемент с прямоугольной петлей гистерезиса.

ществляется прямоугольными импульсами от источников, приближающихся к источнику напряжения. Практика показывает, что заданные параметры импульса на выходе магнитного гистерезисного элемента (рис. 2-1) можно получить при различных параметрах сердечника, а также входной и выходной цепей. Такими параметрами являются геометрические размеры сердечника, магнитные характеристики материала сердечника, число витков в первичной и вторичной обмотках, величина сопротивления в цепи первичной обмотки (цепи перемагничивания), амплитуда перемагничивающего импульса. Задача заключается в нахождении таких значений этих

параметров, при которых на сопротивлении нагрузки получается импульс с заданной амплитудой и длительностью. Схемы, соответствующие различным комбинациям значений параметров, будут иметь несколько различные характеристики, например различный к. п. д., разную чувствительность к изменениям величин входящих в схему деталей, параметры которых меняются с течением времени и изменением окружающих условий, и т. д. Второй задачей является исследование зависимости этих вторичных и иногда второстепенных характеристик от параметров схемы и определение оптимальных, в некотором смысле, значений параметров схемы.

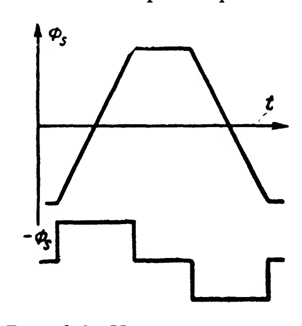


Рис. 2-2. Изменение магнитного потока во времени при перемагничивании идеального сердечника импульсами прямоугольной формы.

С целью получения простых и ясных зависимостей рассмотрим первоначально импульсный магнитный элемент, выполненный на сердечнике с идеально прямоугольной петлей гистерезиса без потерь на вихревые токи, вязкость и т. п. Как известно [Л. 4], при перемагничивании такого сердечника импульсами прямоугольной формы от источника напряжения поток в сердечнике изменяется линейно (рис. 2-2), а время полного перемагничивания и, следовательно, длительность выходного импульса выражаются через параметры сердечника, входной и выходной цепей следующим образом:

$$T_0 = \frac{2\Phi_s\left(\frac{w_1^2}{R_1} + \frac{w_н^2}{R_н}\right)}{\pi D_{ср}(H_m - H_c)}, \qquad (2\text{-}1)$$

где T_0 — время перемагничивания, *сек*;

H_c — коэрцитивная сила, *а/см*;

Φ_s — поток насыщения, *вб;*

w_1 — число витков в первичной обмотке;

$w_н$ — число витков во вторичной обмотке;

R_1 — сопротивление в цепи перемагничивания, *ом*;

$R_н$ — величина сопротивления нагрузки, *ом*;

$D_{ср}$ — средний диаметр сердечника, *см*;

H_m — максимальная величина напряженности поля в обмотке, *а/см*, равная $w_1 U/(\pi D_{ср} R_1) = kH_c$, здесь U — амплитуда перемагничивающего импульса, *в*, а $k = H_m/H_c$ — коэффициент форсировки.

Уравнение (2-1) дает меньшее значение для времени перемагничивания, чем формулы, учитывающие потери в магнитопроводе, но в большинстве практических случаев оно дает вполне достаточную точность.

Амплитуда выходного импульса при сделанных предположениях будет равна:

$$U_н = w_н \frac{2\Phi_s}{T_0}. \tag{2-2}$$

Формулы (2-1) и (2-2) выражают значения параметров выходного импульса через параметры сердечника и параметры входной и выходной цепей. Таким образом, для нахождения шести неизвестных (w_1, $w_н$, R_1, $D_{ср}$, Φ_s, U) имеем систему всего из двух уравнений (2-1) и (2-2). Очевидно, что так как число неизвестных больше числа уравнений, однозначное решение поставленной задачи невозможно и заданные параметры выходного импульса могут быть получены при различных значениях параметров сердечника и соответственно параметров входной и выходной цепей. Задаваясь некоторыми параметрами схемы в качестве исходных, можно выразить через них остальные параметры. В качестве исходных параметров удобно принять амплитуду перемагничивающего импульса, максимальную величину напряженности поля, поток насыщения и средний диаметр сердечника.

Определение параметров. Удобнее всего начать нахождение параметров схемы с числа витков в первичной обмотке (перемагничивающей обмотке). Определяя из уравнения (2-2) $w_н$ и подставляя полученное выражение в уравнение (2-1), а также выражая w_1/R_1 через H_m, из уравнения (2-1) для числа витков в первичной обмотке получим:

$$w_1 = \frac{UT_0(k-1)}{2k\Phi_s}\left[1 - \frac{U_н^2 T_0}{2\Phi_s \pi D_{ср} H_c (k-1) R_н}\right]. \tag{2-3}$$

Из уравнения (2-3) легко видеть, что $w_1 > 0$ только при выполнении условия

$$1 - \frac{U_{\text{н}}^2 T_0}{2\Phi_s \pi D_{\text{ср}} H_{\text{с}} (k-1) R_{\text{н}}} > 0,$$

из которого следует, что для потока насыщения должно выполняться соотношение

$$\Phi_s > \frac{U_{\text{н}}^2 T_0}{2\pi D_{\text{ср}} H_{\text{с}} (k-1) R_{\text{н}}} = \Phi_{s0}. \qquad (2\text{-}4)$$

Таким образом, при заданных $D_{\text{ср}}$ и максимальной напряженности поля существует нижняя граница допустимых потоков насыщения, причем заданные параметры выходного импульса могут быть получены только в том случае, когда величина потока насыщения превосходит Φ_{s0}, определяемое (2-4). Полагая, что выбранное нами значение потока в β раз $(1<\beta<\infty)$ превышает Φ_{s0}, для Φ_s будем иметь:

$$\Phi_s = \beta \frac{P_{\text{н}} T_0}{2\pi D_{\text{ср}} H_{\text{с}} (k-1)}, \qquad (2\text{-}5)$$

где

$$P_{\text{н}} = U_{\text{н}}^2 / R_{\text{н}}.$$

Отсюда можно получить выражение для необходимого объема сердечника

$$V_{\text{с}} = \beta \frac{P_{\text{н}} T_0 \cdot 10^4}{2 B_s H_{\text{с}} (k-1)} \ [\text{см}^3], \qquad (2\text{-}6)$$

где B_s — индукция насыщения, *тл.*

Для нижней границы допустимых объемов сердечника из (2-4) получим:

$$V_{\text{с}0} = \frac{P_{\text{н}} T_0 \cdot 10^4}{2 B_s H_{\text{с}} (k-1)}. \qquad (2\text{-}7)$$

Как видно из (2-4) и (2-7), минимальное значение допустимого объема сердечника и нижняя граница допустимых значений потока насыщения прямо пропорцио-

нальны энергии выходного импульса и обратно пропорциональны H_m. Используя выражение для выбранного значения потока (2-5) и уравнение (2-1), для числа витков в первичной обмотке получим:

$$w_1 = \frac{\pi D_{\text{ср}} U H_c (k-1)^2}{P_{\text{н}} k} \frac{\beta - 1}{\beta^2}. \qquad (2\text{-}8)$$

Выражая в (2-2) Φ_s через Φ_{s_0} и безразмерный параметр β, для числа витков вторичной обмотки будем иметь:

$$w_{\text{н}} = \frac{\pi D_{\text{ср}} U_{\text{н}} H_c}{P_{\text{н}}} \frac{k-1}{k\beta}. \qquad (2\text{-}9)$$

Учитывая, что $\frac{w_1}{R_1} = \frac{\pi D_{\text{ср}} H_m}{U}$, для R_1 из (2-3) получим:

$$R_1 = \frac{U^2}{P_{\text{н}}} \frac{(k-1)^2 (\beta - 1)}{k^2 \beta^2}. \qquad (2\text{-}10)$$

Из (2-8) и (2-9) следует, что зависимость числа витков первичной и вторичной обмоток от β существенно различна. Если $w_{\text{н}}$ монотонно увеличивается с уменьшением β, то w_1 достигает максимума при $\beta = 2$, причем $w_1 \to 0$ при $\beta \to 1$. Из (2-8), (2-9) и (2-10) следует, что $\frac{w_1^2}{R_1} = (\beta - 1) \frac{w_{\text{н}}^2}{R_{\text{н}}}$. Для суммарного числа витков из (2-8) и (2-9) получим:

$$w_\Sigma = \frac{\pi D_{\text{ср}} H_m}{P_{\text{н}}} \frac{k-1}{k\beta} \left[U_{\text{н}} + U \frac{(k-1)(\beta-1)}{k\beta} \right]. \qquad (2\text{-}11)$$

Из (2-11) видно, что w_Σ достигает при $\beta = 2 \Big/ \left[1 + \frac{U_{\text{н}} k}{U(k-1)} \right]$ максимума

$$w_{\Sigma m} = \frac{\pi D_{\text{ср}} H_m}{4 P_{\text{н}}} \frac{k-1}{k} \left[U_{\text{н}} + U \frac{k-1}{k} \right] \left[1 + \frac{U_{\text{н}} k}{U(k-1)} \right]. \qquad (2\text{-}12)$$

При $U_{\text{н}} k < U(k-1)$ максимальное значение суммарного числа витков достигается в интервале $1 < \beta < 2$. Ве-

личина сопротивления R_1 зависит от β аналогично w_1 и достигает при $\beta=2$ максимального значения, равного:

$$R_{1m}=\frac{U^2}{4P_н}\,\frac{(k-1)^2}{k^2}. \tag{2-13}$$

Энергетические соотношения в схеме. Как видно из предыдущего, параметры обмоток и сопротивления в цепи перемагничивания существенно зависят от параметра β и величины максимальной напряженности поля (или коэффициента форсировки k). Очевидно, что изменение параметров обмоток и сопротивления в цепи перемагничивания будет существенно влиять на энергетические соотношения в схеме. Рассмотрим влияние параметров на наиболее важные характеристики: ток в первичной цепи в процессе перемагничивания, ток по окончании перемагничивания, потери в элементах схемы и к. п. д. Для тока в первичной цепи в процессе перемагничивания имеет место следующее соотношение:

$$I_1=\frac{P_н}{U}\,\frac{k\beta(k+\beta-1)}{(k-1)^2(\beta-1)}. \tag{2-14}$$

Ток в первичной обмотке достигает при $\beta_0=1+\sqrt{k}$ минимального значения, равного:

$$I_{10}=\frac{P_н}{U}\,\frac{k}{(\sqrt{k}-1)^2}. \tag{2-15}$$

Мощность, расходуемая в первичной цепи во время перемагничивания сердечника, равна:

$$P_1=P_н\frac{k\beta(k+\beta-1)}{(k-1)^2(\beta-1)}. \tag{2-16}$$

Коэффициент полезного действия схемы во время перемагничивания сердечника равен:

$$\eta=\frac{P_н}{P_1}=\frac{(k-1)^2(\beta-1)}{k\beta(k+\beta-1)}. \tag{2-17}$$

Он достигает максимума по β при $\beta_0=1+\sqrt{k}$, причем

$$\eta_m=\frac{(\sqrt{k}-1)^2}{k}. \tag{2-18}$$

На рис. 2-3 показано влияние отклонения β от β_0 на η.

Одновременно при $\beta=\beta_0$ мощность, расходуемая в первичной цепи, достигает минимума:

$$P_{1\text{мин}}=P_{\text{н}}\frac{k}{(\sqrt{k}-1)^2}. \qquad (2\text{-}19)$$

По окончании перемагничивания сердечника в первичной цепи устанавливается ток

$$I'_1=\frac{P_{\text{н}}}{U}\,\frac{k^2\beta^2}{(k-1)^2(\beta-1)}. \qquad (2\text{-}20)$$

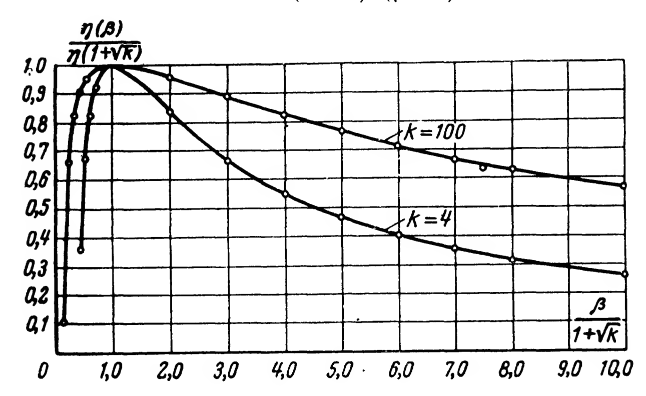


Рис. 2-3. Влияние отклонения β от $\beta_0=1+k$ на к. п. д. схемы.

При этом мощность, рассеиваемая на сопротивлении R_1, равна:

$$P'_1=P_{\text{н}}\frac{k^2\beta^2}{(k-1)^2(\beta-1)}. \qquad (2\text{-}21)$$

В процессе перемагничивания потери распределяются между сопротивлением R_1 и сердечником. В процессе перемагничивания на сопротивлении R_1 рассеивается мощность, равная:

$$P_{R_1}=\frac{(k+\beta-1)^2}{(k-1)^2(\beta-1)}\,P_{\text{н}}, \qquad (2\text{-}22)$$

причем при $\beta = 1 + \sqrt{k}$

$$P_{R_1} = \frac{\sqrt{k}}{(\sqrt{k} - 1)^2} P_н. \qquad (2\text{-}23)$$

Для величины мощности, выделяющейся в сердечнике в процессе перемагничивания, получим:

$$P_s = \frac{\beta}{k - 1} P_н. \qquad (2\text{-}24)$$

Независимость потерь в сердечнике от времени перемагничивания, следующая из (2-24), объясняется прямо пропорциональной зависимостью объема сердечника от времени перемагничивания. Поэтому, хотя потери в единице объема сердечника обратно пропорциональны времени его перемагничивания, суммарные потери (равные произведению объема сердечника на потери в единице объема) не зависят от времени перемагничивания сердечника.

Весьма часто напряжение источника питания, а также величина максимального тока, отбираемого от источника питания, ограничены, например в случае применения полупроводниковых триодов для управления сердечником; в связи с этим желательно применение таких режимов работы элемента, при которых отношение мощности, отдаваемой сердечником в нагрузку, к максимально допустимой величине мощности, отбираемой от источника питания P_{1m}, было бы наибольшим. Для этого отношения (при пренебрежении активным сопротивлением обмотки из-за его малости) из (2-21) следует:

$$\frac{P_н}{P_{1m}} = \frac{(k - 1)^2 (\beta - 1)}{k^2 \beta^2}. \qquad (2\text{-}25)$$

Максимум $P_н/P_{1m}$ по β достигается при $\beta = 2$, причем

$$P_н = 0{,}25 \frac{(k - 1)^2}{k^2} P_{1m}. \qquad (2\text{-}26)$$

Для случая $\beta = 1 + \sqrt{k}$ отношение $P_н/P_{1m}$ будет равно:

$$\frac{P_н}{P_{1m}} = \frac{(\sqrt{k} - 1)^2}{k \sqrt{k}}. \qquad (2\text{-}27)$$

Это отношение достигает максимума при $k=9$, причем

$$P_{н}=0{,}148P_{1m}. \qquad (2\text{-}28)$$

Как следует из (2-26) и (2-28), максимальное значение мощности в нагрузке не может превышать 14,8% мощности источника питания при $\beta=1+\sqrt{k}$ и 25% мощности источника питания при $\beta=2$. Коэффициент полезного действия схемы для случая максимального отношения $P_{н}/P_{1m}$ ($\beta=2$) равен:

$$\eta_{\beta=2}=\frac{(k-1)^2}{2k(k+1)}. \qquad (2\text{-}29)$$

Таким образом, в этом случае к. п. д. схемы не может превысить 50%, тогда как при $\beta=1+\sqrt{k}$ возможно достижение к. п. д. свыше 90%.

Для мощностей, рассеиваемых на элементах схемы в процессе перемагничивания, при $\beta=2$ получим:

$$P_{R_1}=\frac{(k+1)^2}{(k-1)^2}P_{н} \qquad (2\text{-}30)$$

для сопротивления R_1, а для сердечника

$$P_s=\frac{2P_{н}}{k-1}. \qquad (2\text{-}31)$$

Из предыдущего видно, что в случае применения таких режимов работы сердечника, при которых достигается максимальное отношение $P_{н}/P_{1m}$ или максимальный к. п. д. (при заданном H_m), значение коэффициента β однозначно определяется. Следовательно, однозначно определяется необходимый объем сердечника (при заданном H_m) или необходимое значение потока насыщения (при заданных $D_{ср}$ и H_m).

Для случая максимального отношения $P_{н}/P_{1m}$ ($\beta=2$) требуемый объем сердечника

$$V_{с}=\frac{P_{н}T_0\cdot 10^4}{B_sH_{с}(k-1)}; \qquad (2\text{-}32)$$

требуемое значение Φ_s при заданных $D_{ср}$ и H_m:

$$\Phi_s=\frac{P_{н}T_0}{\pi D_{ср}H_{с}(k-1)}; \qquad (2\text{-}33)$$

число витков в первичной обмотке

$$w_1 = \frac{\pi D_{\text{ср}} U H_{\text{с}} (k-1)^2}{4 P_{\text{н}} k}; \qquad (2\text{-}34)$$

число витков во вторичной обмотке

$$w_{\text{н}} = \frac{\pi D_{\text{ср}} U_{\text{н}} H_{\text{с}} (k-1)}{2 P_{\text{н}}}; \qquad (2\text{-}35)$$

необходимая величина сопротивления R_1 определяется по (2-13).

Для случая расчета по максимальному к. п. д. необходимый объем сердечника при заданных B_s и H_m равен:

$$V_{\text{с}} = \frac{P_{\text{н}} T_0 \cdot 10^4}{2 B_s H_{\text{с}} (\sqrt{k} - 1)}; \qquad (2\text{-}36)$$

число витков в первичной обмотке

$$w_1 = \frac{\pi D_{\text{ср}} U H_{\text{с}} (\sqrt{k} - 1)^2}{P_{\text{н}} \sqrt{k}}; \qquad (2\text{-}37)$$

число витков во вторичной обмотке

$$w_{\text{н}} = \frac{\pi D_{\text{ср}} U_{\text{н}} H_{\text{с}} (\sqrt{k} - 1)}{P_{\text{н}}}; \qquad (2\text{-}38)$$

сопротивление в цепи перемагничивания

$$R_1 = \frac{U^2}{P_{\text{н}}} \frac{(\sqrt{k} - 1)^2}{k \sqrt{k}}. \qquad (2\text{-}39)$$

На практике часто необходимо получить требуемые параметры выходного импульса на вполне определенном сердечнике. При известных параметрах сердечника можно найти из (2-4) или (2-5) значение β как функцию от k. Подставляя найденное значение β в (2-8) и (2-9), получаем простые расчетные формулы для числа витков в первичной обмотке

$$w_1 = \frac{U T_0}{2 \Phi_s} \left(1 - \frac{1}{k}\right) \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \qquad (2\text{-}40)$$

и для числа витков во вторичной обмотке

$$w_2 = \frac{U_н T_0}{2\Phi_s}. \qquad (2\text{-}41)$$

Выражение для w_2 совпадает с результатом, следующим из (2-2).

Случай нескольких нагрузок. Легко видеть, что в случае наличия нескольких вторичных обмоток могут быть получены аналогичные результаты. Для потока насыщения, при котором на выходных обмотках получаются импульсы с заданными параметрами, таким же методом, как и ранее, из уравнения перемагничивания получим:

$$\Phi_s = \beta \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{нi} T_0}{2\pi D_{ср} H_с (k-1)}, \qquad (2\text{-}42)$$

где $P_{нi}$ — мощность на i-й нагрузке.

Требуемый объем сердечника будет равен:

$$V_с = \beta \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{нi} T_0 \cdot 10^4}{2 B_s H_с (k-1)}. \qquad (2\text{-}43)$$

Число витков в первичной обмотке будет равно:

$$w_1 = \frac{\pi D_{ср} U H_с (k-1)^2 (\beta - 1)}{\sum_{i=1}^{n} P_{нi} k \beta^2}. \qquad (2\text{-}44)$$

Для числа витков i-й вторичной обмотки получим:

$$w_{нi} = \frac{\pi D_{ср} U_{нi} H_с (k-1)}{\sum_{i=1}^{n} P_{нi} \beta}, \qquad (2\text{-}45)$$

где $U_{нi}$ — амплитуда импульса на i-й обмотке.

Величина сопротивления в первичной цепи будет равна:

$$R_1 = \frac{U}{\sum\limits_{i=1}^{n} P_{\text{н}i}} \frac{(k-1)^2(\beta-1)}{k^2\beta^2}. \quad (2\text{-}46)$$

Для мощности потерь в сердечнике получим:

$$P_s = \frac{\beta}{k-1} \sum_{i=1}^{n} P_{\text{н}i}. \quad (2\text{-}47)$$

Для к. п. д. и отношения $P_{\text{н}}/P_{1m}$ будут сохранять силу соотношения, полученные ранее.

Влияние управляющего прибора и ухода параметров. При использовании для управления сердечником полупроводниковых триодов на возможные параметры схемы накладывается ряд дополнительных ограничений. Из-за наличия ограничения на максимально допустимую величину тока коллектора триода величина выходной мощности элемента ограничена. Если длительность перемагничивающих импульсов не превосходит времени перемагничивания сердечника, то ток в первичной цепи определяется (2-14) и максимальная мощность, которую можно снять с сердечника при заданных β и k, будет равна:

$$P_{\text{н}} \leqslant \frac{U_{\text{д}} I_{\text{к}m} (k-1)^2 (\beta-1)}{2k\beta(k+\beta-1)}, \quad (2\text{-}48)$$

где $U_{\text{д}}$ — допустимое напряжение на коллекторе триода;
$I_{\text{к}m}$ — максимально допустимая величина тока коллектора для данного типа триода.

При $\beta = 1 + \sqrt{k}$ из (2-48) получаем максимальное значение мощности, которую можно снять с сердечника при данном типе триода и k:

$$P_{1m} \leqslant U_{\text{д}} I_{\text{к}m} \frac{(\sqrt{k}-1)^2}{2k}. \quad (2\text{-}49)$$

В тех случаях, когда длительность перемагничивающего импульса превосходит время полного перемагничивания сердечника, по окончании процесса перемагничива-

ния в первичной цепи устанавливается ток, определяемый (2-20). В этом случае мощность выходного импульса не может превосходить величины

$$P_2 \leqslant U_д I_{кm} \frac{(k-1)^2 (\beta-1)}{2k^2\beta^2}. \qquad (2\text{-}50)$$

Максимальное значение выходной мощности элемента достигается в этом случае при $\beta = 2$:

$$P_{2m} \leqslant U_д I_{кm} \frac{(k-1)^2}{8k^2}. \qquad (2\text{-}51)$$

Если необходимо, чтобы мощность, рассеиваемая на коллекторе триода, в любой стадии процесса перемагничивания не превосходила допустимой мощности рассеяния $P_д$, то величина сопротивления R_1 должна удовлетворять соотношению

$$R_1 \geqslant \frac{U_д^2}{4P_д}. \qquad (2\text{-}52)$$

Тогда из (2-13) следует, что мощность, снимаемая с элемента, при данном типе триода не может превосходить величины

$$P_{3m} \leqslant P_д \frac{(k-1)^2}{k^2}. \qquad (2\text{-}53)$$

Кроме ограничений на максимальную выходную мощность, которую можно снять с сердечника при данном типе триода, существует также ограничение на коэффициент форсировки k и число витков в первичной обмотке. При заданном среднем диаметре сердечника для напряженности поля, создаваемого нулевым током коллектора $I_{к0m}$, должно выполняться соотношение

$$\frac{w_1 I_{к0m}}{\pi D_{ср}} < H_c, \qquad (2\text{-}54)$$

где $I_{к0m}$ — максимальный ток коллектора закрытого триода.

С другой стороны, максимальное значение напряженности поля в сердечнике ограничивается величиной максимально допустимого тока коллектора:

$$H_m \leqslant \frac{w_1 I_{\text{к}m}}{\pi D_{\text{ср}}}, \qquad (2\text{-}55)$$

где $I_{\text{к}m}$ — максимально допустимый ток коллектора.

Отсюда следует, что

$$k < \frac{I_{\text{к}m}}{I_{\text{к}0m}}. \qquad (2\text{-}56)$$

Из (2-54) следует, что число витков в первичной обмотке должно удовлетворять соотношению

$$w_1 < \frac{\pi D_{\text{ср}} H_c}{I_{\text{к}0m}}. \qquad (2\text{-}57)$$

Формулы (2-48)—(2-53) позволяют оценить предельные выходные мощности преобразователей постоянного напряжения в переменное, выполненных по схеме мультивибратора Роера. Формулы (2-48) и (2-49) соответствуют случаю использования мультивибратора Роера в режиме самовозбуждения. Формулы (2-50) и (2-51) соответствуют случаю использования мультивибратора Роера в ждущем режиме. Формула (2-53) справедлива для всех схем, если требуется, чтобы мощность, рассеиваемая на коллекторе, никогда не превосходила максимально допустимой мощности рассеяния.

При расчете практических схем на допустимые значения параметров k и β накладываются ограничения, связанные с допустимым отношением напряжения (среднего) помехи к амплитуде сигнала, весом импульсного магнитного элемента, величиной сопротивления R_1 и т. д. Другим возможным ограничением при выборе параметров схемы является влияние изменения параметров элементов схемы в процессе эксплуатации (за счет старения, изменения окружающих условий и т. д.) на параметры выходного импульса. В ряде случаев, например при использовании сердечников в схемах счетчиков с накоплением, изменение параметров выходного импульса из-за изменения параметров элементов схемы играет существенную роль и может нарушить стабильность работы схемы.

Для относительного изменения времени перемагничивания сердечника при изменении параметров сердечника, величины питающего напряжения и величин сопротивлений R_1 и $R_н$ из (2-1) получим:

$$\frac{dT}{T}=\frac{d\Phi_s}{\Phi_s}-\frac{1}{\beta}\frac{dR_н}{R_н}+\left(\frac{1}{k-1}+\frac{1}{\beta}\right)\frac{dR_1}{R_1}+$$

$$+\frac{1}{k-1}\frac{dH_c}{H_c}-\frac{k}{k-1}\frac{dU}{U}. \qquad (2\text{-}58)$$

Для относительного изменения амплитуды выходного импульса получим:

$$\frac{dU_н}{U_н}=\frac{1}{\beta}\frac{dR_н}{R_н}-\left(\frac{1}{k-1}+\frac{1}{\beta}\right)\frac{dR_1}{R_1}-$$

$$-\frac{1}{k-1}\frac{dH_c}{H_c}+\frac{k}{k-1}\frac{dU}{U}. \qquad (2\text{-}59)$$

Как следует из (2-58) и (2-59), параметры выходного импульса при надлежащем выборе параметров β и k слабо зависят от изменения величины сопротивлений R_1 и $R_н$, а также слабо зависят от изменения величины коэрцитивной силы сердечника. В этом случае стабильность параметров выходного импульса зависит в основном от стабильности потока насыщения и стабильности питающего напряжения. В случае применения сердечников, у которых Φ_s мало зависит от температуры, стабильность параметров выходного импульса будет в основном определяться стабильностью напряжения питания.

Учет влияния вихревых токов. При использовании ленточных сердечников параметры выходного импульса могут значительно отличаться от расчетных при данном методе расчета из-за отсутствия в нем учета влияния вихревых токов и других потерь в магнитопроводе. Однако в достаточно широкой области значений параметров влияние дополнительных потерь в магнитопроводе на процесс перемагничивания настолько несущественно, что усложнение расчетных формул не оправдано. Ошибка, вызываемая предположением об отсутствии дополнительных потерь в магнитопроводе, может быть легко оценена. Согласно [Л. 4] время полного перемагничивания

сердечника с учетом влияния дополнительных потерь в магнитопроводе может быть выражено в виде

$$T_{п} = T_0 + T_{\alpha}, \tag{2-60}$$

где T_0 — время перемагничивания сердечника без учета дополнительных потерь;

T_{α} — увеличение времени перемагничивания, обусловленное потерями в магнитопроводе; величину T_{α} удобно для расчетов представить в виде $T_{\alpha 0}/(k-1)$, где $T_{\alpha 0} = T_{\alpha}$ при $k=2$, т. е. $H_m = 2H_c$.

Для величины относительной ошибки получим:

$$\delta = \frac{T_{п} - T_0}{T_0} = \frac{T_{\alpha 0}}{(k-1) T_0}. \tag{2-61}$$

При учете только влияния вихревых токов для материала 50НП и толщины ленты 50 и 100 *мк* величина $T_{\alpha 0}$ будет иметь значение соответственно 250 и 1 000 *мксек*. Однако, как показывает опыт, из-за наличия дополнительных потерь на вязкость и т. п. величину $T_{\alpha 0}$ следует увеличивать приблизительно вдвое. Как следует из (2-61), величина ошибки при заданном T_0 может быть сведена до приемлемой величины выбором соответствующего значения коэффициента форсировки. Так как обычно коэффициент форсировки в большинстве реальных схем составляет десятки, то при заданном времени перемагничивания порядка 10^{-3} *сек* и применении ленты толщиной 50 *мк* ошибка будет менее 2—5%. Однако при длительностях перемагничивания порядка 100 *мксек* учет влияния дополнительных потерь в магнитопроводе является желательным. Эти потери создают дополнительную нагрузку, которая меняется во времени, что приводит к изменению характера изменения потока во времени. Зависимость изменения потока от времени становится нелинейной, а выходные импульсы теряют прямоугольную форму. Однако при приближенном анализе возможно заменить нагрузку, обусловленную дополнительными потерями в магнитопроводе, дополнительной активной нагрузкой, вызывающей такое же увеличение

времени перемагничивания. При этом уравнение для времени перемагничивания примет следующий вид:

$$T_0 = \frac{2\Phi_s \left(\frac{w_1^2}{R_1} + \frac{w_н^2}{R_н} \right)}{\pi D_{ср} (H_m - H_c)} + \frac{T_{\alpha 0} H_c}{H_m - H_c}. \tag{2-62}$$

Методом, аналогичным уже использовавшемуся, получим, что поток насыщения должен удовлетворять условию

$$\Phi_s > \Phi_{s0} = \frac{P_н T_0^2}{2\pi D_{ср} H_c [(k-1) T_0 - T_{\alpha 0}]}. \tag{2-63}$$

Полагая, как и ранее, что выбранное значение потока насыщения Φ_s в β раз превышает Φ_{s0}, для Φ_s будем иметь:

$$\Phi_s = \beta \frac{P_н T_0}{2\pi D_{ср} H_c (k - 1 - \alpha)}, \tag{2-64}$$

где $\alpha = T_{\alpha 0}/T_0$.

Отсюда можно получить выражение для необходимого обьема сердечника

$$V_c = \beta \frac{P_н T_0 \cdot 10^4}{2 B_s H_c (k - 1 - \alpha)}. \tag{2-64a}$$

Для минимально допустимого объема сердечника из (2-63) получим:

$$V_{c0} = \frac{P_н T_0 \cdot 10^4}{2 B_s H_c (k - 1 - \alpha)}. \tag{2-65}$$

Как видно из (2-63) и (2-65), минимально допустимые значения потока насыщения и объема сердечника начинают зависеть при учете вихревых токов не только от параметров импульса, геометрических размеров сердечника и магнитных характеристик материала сердечника, но также и от величины запаздывания, обусловленного вихревыми токами. Следует отметить, что определяемые формулами (2-63) и (2-65) минимально допустимые значения Φ_{s0} и V_{c0} при равных условиях превосходят минимально допустимые значения потока насыщения и объема, определяемые формулами (2-4) и (2-7).

Параметры первичной и вторичной цепей получаются аналогично тому, как это делалось при анализе без учета дополнительных потерь.

Число витков первичной обмотки

$$w_1 = \frac{\pi D_{\text{ср}} U H_{\text{с}} (k - 1 - \alpha)^2 (\beta - 1)}{P_{\text{н}} k \beta^2}. \qquad (2\text{-}66)$$

Число витков вторичной обмотки

$$w_{\text{н}} = \frac{\pi D_{\text{ср}} U_{\text{н}} H_{\text{с}} (k - 1 - \alpha)}{P_{\text{н}} \beta}. \qquad (2\text{-}67)$$

Сопротивление в цепи перемагничивания

$$R_1 = \frac{U^2}{P_{\text{н}}} \frac{(k - 1 - \alpha)^2 (\beta - 1)}{k^2 \beta^2}. \qquad (2\text{-}68)$$

Так как параметры схемы зависят от отношения $T_{\alpha 0}$ к заданному времени перемагничивания, то и ток в первичной цепи, рассеиваемые мощности и к. п. д. схемы также зависят от $T_{\alpha 0}$.

Для тока в первичной цепи в процессе перемагничивания при наличии вихревых токов получим:

$$I_1 = \frac{P_{\text{н}} k \beta [k + (\beta - 1)(1 + \alpha)]}{U (\beta - 1)(k - 1 - \alpha)^2}. \qquad (2\text{-}69)$$

Мощность, расходуемая в первичной цепи во время перемагничивания, равна:

$$P_1 = P_{\text{н}} \frac{k \beta [k + (\beta - 1)(1 + \alpha)]}{(\beta - 1)(k - 1 - \alpha)^2}. \qquad (2\text{-}70)$$

Коэффициент полезного действия схемы во время перемагничивания сердечника равен:

$$\eta = \frac{P_{\text{н}}}{P_1} = \frac{(k - 1 - \alpha)^2 (\beta - 1)}{k \beta [k + (\beta - 1)(1 + \alpha)]}. \qquad (2\text{-}71)$$

Он является немонотонной функцией параметра β и достигает при $\beta = 1 + \sqrt{\frac{k}{1 + \alpha}}$ максимального значения, равного:

$$\eta_{\text{макс}} = \frac{(\sqrt{k} - \sqrt{1 + \alpha})^2}{k}. \qquad (2\text{-}72)$$

Рис. 2-4. Зависимость величины $\eta_{макс}$ от k при различных α.

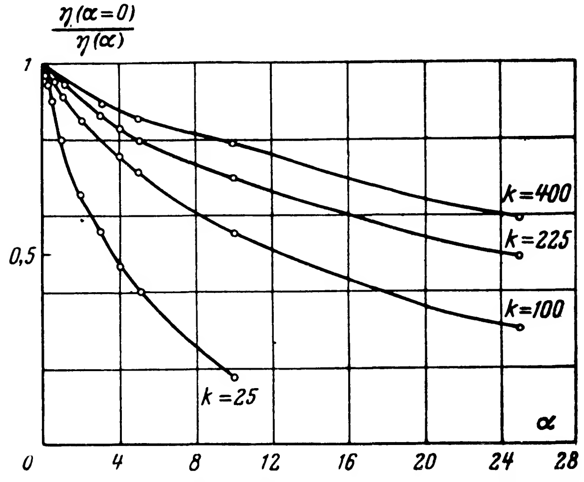


Рис. 2-5. Зависимость величины $\eta_{макс}$ от α при различных k.

На рис. 2-4 и 2-5 построены кривые $\eta_{\text{макс}}=\eta(k, \alpha)$, из которых следует, что к. п. д. схемы резко падает с ростом α даже при довольно значительных форсировках ($k\approx 100$). На практике нецелесообразно использовать схему при $\alpha>5$.

В заключение следует отметить, что могут быть найдены такие значения параметров k и β, при которых стоимость элемента получается минимальной. Стоимость элемента складывается в основном из стоимости сердечника и стоимости намотки обмоток. При известной зависимости стоимости сердечника от объема и стоимости обмоток задача сводится к нахождению минимума функции двух переменных (или функции одной переменной при $\beta=\beta_0$).

Пример расчета параметров магнитного гистерезисного элемента для случая, когда заданы размеры и материал сердечника.

Задано: амплитуда выходного импульса $U_{\text{н}}=9$ *в*, длительность выходного импульса $T_0=500$ *мксек*, величина сопротивления нагрузки $R_{\text{н}}=100$ *ом*, сердечник из материала 50НП, $B_s=1{,}35$ *тл*, $H_c=\frac{1}{2\pi}$ *а/см*, объем сердечника $V_c=0{,}565$ *см*^{3}, сечение сердечника равно 0,1 *см*^{2}, сечение окна равно 2 *см*^{2}, коэффициент заполнения по стали равен 0,8, амплитуда импульсов питания $U=17$ *в*. Требуется рассчитать параметры элемента, обеспечивающие максимальное использование мощности источника (т. е. дающие минимальное значение тока в первичной цепи по окончании перемагничивания элемента).

Так как требуется получить максимальное отношение мощности в нагрузке к мощности, расходуемой в первичной цепи по окончании перемагничивания элемента, то величина β должна быть равна 2. Выражая из формулы (2-32) коэффициент форсировки k и подставляя в полученное выражение заданные параметры, находим:

$$k=1+\frac{P_{\text{н}}T_0\cdot 10^4}{B_sH_cV_c}=1+\frac{2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}81\cdot 500\cdot 10^{-6}\cdot 10^4}{1{,}35\cdot 0{,}8\cdot 0{,}565}=43.$$

Определив k, по формуле (2-40) находим число витков в первичной обмотке

$$w_1=\frac{UT_0}{2\Phi_s}\left(1-\frac{1}{k}\right)\left(1-\frac{1}{\beta}\right)=$$

$$=\frac{17\cdot 500\cdot 10^{-6}\cdot 10^4}{2\cdot 0{,}1\cdot 0{,}8\cdot 1{,}35}\left(1-\frac{1}{43}\right)\left(1-\frac{1}{2}\right)\approx 192 \text{ витка}$$

и по формуле (2-41) число витков во вторичной обмотке

$$w_2=\frac{U_{\text{н}}T_0}{2\Phi_s}=\frac{9\cdot 500\cdot 10^{-6}\cdot 10^4}{2\cdot 0{,}1\cdot 0{,}8\cdot 1{,}35}\approx 213 \text{ витков.}$$

По формуле (2-13) определяем величину сопротивления в первичной цепи

$$R_1 = \frac{U^2}{4P_н} \; \frac{(k-1)^2}{k^2} = \frac{17^2 \cdot 42^2}{4 \cdot 0{,}81 \cdot 43^2} \approx 85 \; ом.$$

Максимальная мощность, рассеиваемая на сопротивлении R_1 в соответствии с (2-21), равна $P'_1 = 3{,}2$ *вт*.

В качестве сопротивления R_1 используем два соединенных параллельно сопротивления МЛТ-2 (160 *ом* + 180 *ом*).

Максимальная величина тока в обмотке w_1 определяется по формуле (2-20):

$$I'_1 = \frac{P_н k^2 \beta^2}{U(k-1)^2(\beta-1)} = \frac{U}{R_1} = 0{,}2 \; а.$$

Максимальная величина тока в обмотке w_2 равна:

$$I_{w2} = \frac{U_н}{R_н} = \frac{9}{100} = 0{,}09 \; а.$$

Исходя из допустимой плотности тока в обмотках 2,5 *а/мм²*, для требуемого диаметра провода обмоток получим $d_1 = 0{,}3$ *мм* и $d_2 = 0{,}21$ *мм*. Проверка показывает, что обмотки размещаются на сердечнике.

2-2. К ВЫБОРУ РЕЖИМОВ ТИРАТРОНОВ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Цель изложенного в этом параграфе — указать на подход к выбору режимов работы тиратронов тлеющего разряда в тех схемах телемеханики, в которых они используются. Сначала напомним читателю об основных характеристиках нового модернизированного тиратрона с тлеющим разрядом МТХ-90, которые пока что еще мало известны.

Одной из особенностей тиратронов тлеющего разряда является наличие релейной характеристики, что видно из представленных на рис. 2-6 вольт-амперных характеристик, показывающих зависимость падения напряжения на участке анод — катод от величины разрядного тока. Из теоретической характеристики (рис. 2-6,*а*) следует, что при плавном увеличении прикладываемого между анодом и катодом напряжения плавно увеличивается и ток тихого разряда (порядка микроампер). При достижении напряжением определенной величины $U_з$ (напряжения зажигания) ток скачком возрастает, тиратрон загорается, и так как для поддержания нормального тлеющего разряда необходимо напряжение $U_г$ (на-

пряжение горения), меньшее чем $U_з$, и чтобы этот избыток напряжения $\Delta U = U_з - U_г$ не привел к превышению максимально допустимого тока через тиратрон ($I_{а.макс}$) последовательно с тиратроном включают сопротивление (обычно в катод). После зажигания на тиратроне устанавливается определенное падение напряжения ($U_г$), которое не изменяется, несмотря на значительные колебания анодного тока (от $I_{а.мин}$ и до $I_{а.макс}$). Это также осо-

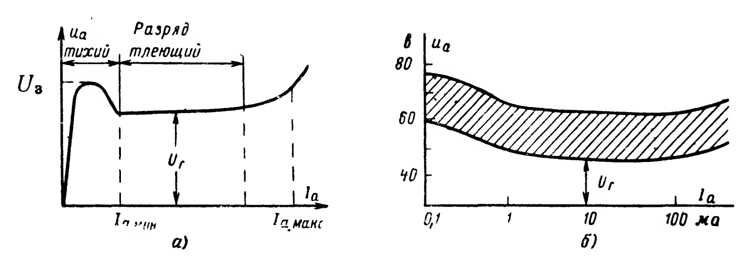


Рис. 2-6. Вольт-амперная характеристика МТХ-90.
а — теоретическая; *б* — паспортная.

бенность ламп с тлеющим разрядом, позволяющая применять их в качестве стабилизаторов напряжения.

Из паспортной вольт-амперной характеристики (рис. 2-6,*б*) следует, что падение напряжения на тиратроне из-за разброса параметров колеблется от одного образца к другому (заштрихованная область) в пределах $U_г = 45 \div 63$ *в*. Величина анодного тока может изменяться в пределах от 0,1 *ма* (минимальное значение тока, необходимое для поддержания тлеющего разряда) до 30—60 *ма*. Верхнее значение анодного тока лимитируется опасностью перехода нормального тлеющего разряда в анормальный и в дуговой, что приводит к уменьшению срока службы тиратрона. Практически рекомендуется работать при токах $I_а \leqslant 30$ *ма* (постоянный режим) или $I_а = 35 \div 100$ *ма* (импульсный режим). Срок службы при этом будет лежать в пределах десятков тысяч часов для постоянного режима (непрерывное горение) и нескольких миллионов срабатываний в импульсном режиме.

Тиратрон является управляемой лампой. Управление осуществляется специальным электродом (сеткой), помещенным между анодом и катодом. Подачей положительного импульса на сетку можно только зажечь тиратрон. Погасить его при помощи сетки нельзя. Так как сетка

расположена ближе к катоду, то напряжение зажигания по сетке $U_{з.с}$ меньше, чем напряжение зажигания по аноду $U_{з.а}$: для МТХ-90 $U_{з.с}=75\div90$ *в*, $U_{з.а}=150\div200$ *в*. Основой расчета схем с лампами тлеющего разряда является выбор питающего напряжения $U_а$, которое должно быть таким, чтобы любой тиратрон, поставленный в схему без всякого отбора, самопроизвольно не зажигался. Эту задачу можно было бы просто решить, значительно снижая напряжение питания, например выбирая $U_а$ не 160 *в*, а 120 *в* (нижний предел напряжения, при котором МТХ-90 может работать, $U_а=100$ *в*). Однако при этом снизится величина напряжения, снимаемого с катодного сопротивления, $U_к$. И так как $U_к=U_а-U_г$, то чем больше $U_а$, тем большая мощность снимается с $R_к$.

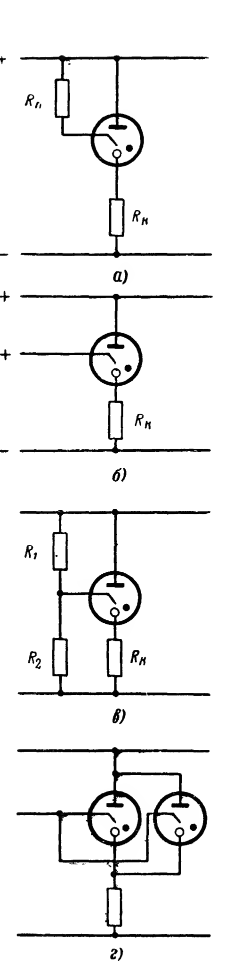


Рис. 2-7. Способы включения тиратронов.

а — при токовом управлении; *б* — при потенциальном управлении; *в* — при потенциальном с делителем напряжения; *г* — включение резервного тиратрона.

Выбор напряжения питания $U_а$ зависит от способа управления зажиганием тиратрона. Таких способов три: токовый, потенциальный и электростатический.

Рассмотрим только первые два способа, так как последний применяется исключительно для многосеточных ламп и тлеющего разряда.

При токовом управлении между сеткой и катодом предварительно создается тихий разряд вследствие протекания тока по цепи: плюс напряжения питания — сопротивление $R_п$ — промежуток сетка — катод — сопротивление $R_к$ — минус напряжения питания (рис. 2-7,*а*). Сопротивление $R_п$, или так называемое сопротивление подготовки, выбирается порядка нескольких десятков мегом так, чтобы ток, который иногда называют током подготовки,

лежал в пределах нескольких микроампер. Переход к тлеющему разряду, т. е. зажиганию ламп тлеющего разряда, при наличии уже существующего тихого разряда осуществляется при подаче на сетку значительно меньшего напряжения зажигания. Так, по паспортным данным для МТХ-90 при токе подготовки 10 *мка* и $U_а = 100$ *в* входной сигнал на сетку $U_{з\,с} = 2 \div 15$ *в*. Однако токовое управление одновременно снижает напряжение питания. На рис. 2-8,*а* представлена область разброса статических характеристик (на рисунке она заштрихована), из которой следует (если ориентироваться по нижней кривой), что при $I_с = 1$ *мка* на тиратрон можно подавать 140 *в* (рабочее напряжение), так как его самовозгорание произойдет только при $U_{з.а} = 160$ *в*. При $I_с = 10$ *мка* $U_{з.а} = 117$ *в* и рабочее напряжение должно не превышать 115 *в* (точка *1* на рис. 2-8,*а*).

Таким образом, чем больше сопротивление подготовки $R_п$, тем выше рабочее напряжение и тем большая мощность снимается с тиратрона (при том же анодном токе тиратрона). Поэтому для увеличения рабочего напряжения целесообразно работать при токе подготовки, меньшем 1 *мка*. Это требует использование сопротивлений подготовки порядка 200 *Мом*, что представляет известные трудности ввиду возможного изменения их номинала в сторону уменьшения (это приводит к увеличению тока подготовки к самозагоранию тиратрона) со временем, а также под воздействием пыли, влажности, некоторых агрессивных сред. Во избежание этого требуется применение высокостабильных сопротивлений и покрытие их специальными изолирующими лаками.

При потенциальном управлении зажиганием на сетке заранее создается определенный положительный потенциал $U_{см}$ (рис. 2-7,*б*). Ток подготовки при этом отсутствует. Область потенциальных статических характеристик зажигания для МТХ-90 представлена на рис. 2-8,*б*. Когда смещение на сетке $U_{см}$ равно нулю, потенциал зажигания тиратрона колеблется от 160 *в* и выше. При подаче положительного смещения на сетку до $U_{см} = 70$ *в* включительно потенциал зажигания МТХ-90 по аноду повышается, при $U_{см} = 80—90$ *в* тиратрон зажигается. При потенциальном способе управления напряжение питания (точка *А—А'* на рис. 2-8,*б*) повышается до $U_а = 175—200$ *в*. Для этого выбирают $U_{см} = 60$ *в*, и, учиты-

вая некоторый возможный разброс смещения $\Delta U_{см}$, для зажигания тиратрона на сетку следует подавать входной сигнал $U_{вх}=30$ *в* при длительности не менее

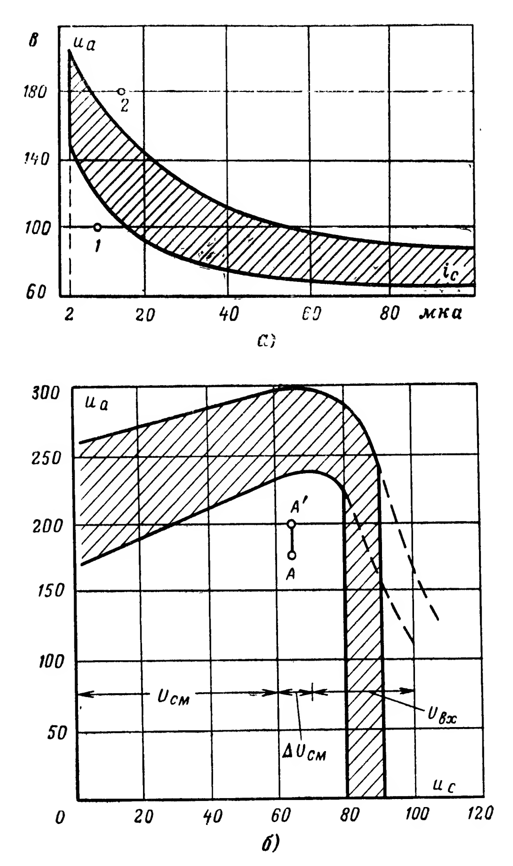


Рис. 2-8. Характеристики зажигания МТХ-90 при управлении.

а — токовом; *б* — потенциальном.

10 *мксек*. Мощность импульса должна быть такой, чтобы возник ток на сетке, достаточный для создания разряда (точка *2* на рис. 2-8,*а*). При потенциальном управлении с тиратрона при том же токе можно снять в 2 раза большую мощность, так как $U_{вых}=U_а—U_г=180—$ $—60=120$ *в*, а $P=UI$.

Таким образом, потенциальный режим управления тиратроном осуществляется значительно проще, чем токовый, и обеспечивает стабильную работу тиратрона при снятии с него относительно большой мощности. Поэтому остановимся на выборе параметров схемы при работе тиратрона в потенциальном режиме.

Сеточное смещение $U_{см}$ можно образовать путем использования делителя из сопротивлений R_1 и R_2 (рис. 2-7,*в*). Сопротивление R_1 выбирается в пределах 0,5—0,7 *Мом*. Если R_1 выбрать значительно меньше 0,5 *Мом*, то это создает излишне большой ток при горении тиратрона, который будет разрушать катод. Если $R_1 > 0,7$ *Мом*, то правые ветви характеристики пойдут не вертикально, а начнут отклоняться вправо (пунктир на рис. 2-8,*б*), что потребует увеличения сигнала для зажигания тиратрона. Сопротивление R_2 выбирается так, чтобы на сетке было $U_{см} = 50 \div 60$ *в*; его величина будет колебаться в зависимости от выбранного напряжения питания $U_а$. После определения $U_а$, $U_{см}$, $U_{вх}$, R_1 и R_2 выбирается катодное сопротивление $R_к$. Для МТХ-90 анодное напряжение зажигания $U_{з.а} \geqslant 150$ *в*; для того чтобы через тиратрон протекал определенный ток, выбирают $R_к = \frac{U_а - U_г}{I_{раб}}$. Например, если $I_{раб} = 10$ *ма*, $U_а = 150$ *в*, то $R_к = 10$ *ком*. Зная $I_{раб}$ и $R_к$, можно определить напряжение и мощность, снимаемые с тиратрона.

Как указывалось, приборы тлеющего разряда можно хорошо резервировать; для этого резервный тиратрон присоединяется параллельно основному (рис. 2-7,*г*). Вследствие наличия общего катодного сопротивления гореть будет всегда только один тиратрон (тот, потенциал зажигания которого ниже), так как падение напряжения на нем (45—60 *в*) меньше, чем минимальное $U_{з а}$ (85 *в*).

Существует три способа зажигания тиратронов тлеющего разряда: это подача положительного импульса либо на сетку, либо на анод или подача отрицательного импульса на катодное сопротивление. Лучшим и основным является зажигание посредством сетки. Два других способа требуют более повышенного напряжения.

Имеется два способа гашения приборов тлеющего разряда: первый — подача отрицательного импульса на анод, второй — подача положительного импульса на ка-

тодное сопротивление, что уменьшает разность потенциалов между анодом и катодом до величины, меньшей, чем напряжение горения.

Приборы тлеющего разряда чувствительны к свету. Это значит, что при неправильном выборе параметров сильный свет может вызвать самозажигание тиратрона. Однако использование потенциального способа управления делает эти лампы нечувствительными к свету. При токовом управлении нечувствительность к свету возрастает при увеличении тока подготовки, т. е. при снижении анодного напряжения.

Кроме МТХ-90, имеется целый ряд других приборов тлеющего разряда, которые могут использоваться в различных узлах систем телемеханики (приложение 1).

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ

3-1. РАСЧЕТ ДВУХТАКТНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

Наиболее ответственной частью системы ТУ—ТС с временным разделением каналов являются распределители. Многолетняя эксплуатация показала исключительную надежность распределителей, выполненных на ленточных МЭППГ. Особенно надежны и удобны в эксплуатации двухтактные или двухходовые распределители. Если они выполнены с двумя диодами в цепи связи, то они обладают свойствами самовозбуждения (если число элементов в распределителе не превышает 30), так как начинают работать сразу при подаче напряжения питания без всяких блоков запуска, которые необходимы для других магнитных распределителей.

Для анализа работы двухходового распределителя сделаем следующие допущения: 1) сердечники имеют идеально прямоугольную петлю гистерезиса; 2) питание распределителя осуществляется импульсами прямоугольной формы от источника напряжения; 3) диоды в схеме идеальные; 4) в сердечниках отсутствуют потери на вязкость и вихревые токи.

Рассмотрим первоначально работу двухходового распределителя с индивидуальными сопротивлениями в цепи связи (рис. 3-1).

Пусть элемент M_2, полностью подготовленный по цепи связи сердечником M_1, срабатывает под действием очередного четного импульса движения $U_д$. При срабатывании элемента M_2 должна обеспечиваться полная подготовка элемента M_3. Для того чтобы происходила полная

подготовка элемента M_3, параметры цепи связи между элементами (w_2, w_3, $R_{св}$) должны удовлетворять некоторым условиям. Так как интеграл напряжения, индуктируемого на обмотке магнитного элемента, равен изменению магнитного потокосцепления за время интегрирова-

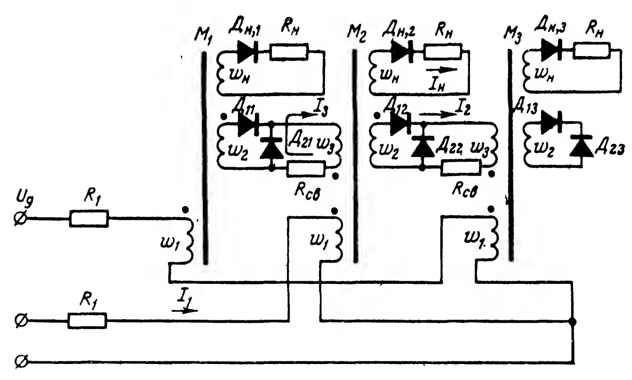


Рис. 3-1. Двухтактный распределитель с индивидуальными сопротивлениями в цепи связи.

ния, то из условия полной подготовки элемента M_3 будем иметь:

$$\int_0^{t_п} u_{22}\,dt = 2w_2\Phi_s \quad \text{и} \quad \int_0^{t_п} u_{33}\,dt = 2w_3\Phi_s, \qquad (3\text{-}1)$$

где u_{22} — напряжение на обмотке w_2 элемента M_2;
u_{33} — напряжение на обмотке w_3 элемента M_3;
$t_п$ — время полного перемагничивания элемента M_2.

Напряжение u_{33}, падающее на обмотке w_3 элемента M_3 при его подготовке, меньше напряжения на обмотке w_2 элемента M_2, так как часть напряжения падает на сопротивлении $R_{св}$ в цепи связи. Таким образом, $\int_0^{t_п} u_{22}\,dt > \int_0^{t_п} u_{33}\,dt$ и $w_2\Phi_s > w_3\Phi_s$, так как $u_{22} > u_{33}$. Отсюда следует, что для обеспечения полной подготовки элемента M_3 число витков в обмотке w_2 должно превышать число витков в обмотке w_3.

Чтобы получить точное соотношение между параметрами цепи связи, рассмотрим процесс перемагничивания элемента M_2. На интервале времени, когда происходит подготовка элемента M_3, процесс перемагничивания элемента M_2 описывается следующими уравнениями:

$$\begin{cases} w_1 \dfrac{d\Phi_2}{dt} + i_1 R_1 = U_{\text{д}}; \\ w_3 \dfrac{d\Phi_2}{dt} + i_3 R_{\text{св}} = 0; \\ w_{\text{н}} \dfrac{d\Phi_2}{dt} + i_{\text{н}} R_{\text{н}} = 0; \\ w_2 \dfrac{d\Phi_2}{dt} + w_3 \dfrac{d\Phi_3}{dt} + i_2 R_{\text{св}} = 0. \end{cases} \tag{3-2}$$

Учитывая, что $\frac{1}{\pi D_{\text{ср}}} (w_1 i_1 + w_2 i_2 + w_3 i_3 + w_{\text{н}} i_{\text{н}}) = H_{\text{с}}$ и $\frac{1}{\pi D_{\text{ср}}} w_3 i_2 = -H_{\text{с}}$, для скорости перемагничивания элемента M_2, решая систему уравнений (3-2), получаем:

$$\frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{H_m - H_{\text{c}}(b+1)}{a\left(\dfrac{w_1^2}{R_1} + \dfrac{w_2^2}{R_{\text{св}}} + \dfrac{w_{\text{н}}^2}{R_{\text{н}}}\right)}, \tag{3-3}$$

где $a = \frac{1}{\pi D_{\text{ср}}}$; $H_m = \frac{a w_1 U_{\text{д}}}{R_1}$ — максимальная напряженность поля, создаваемого импульсом движения;

$b = w_2/w_3$ — отношение числа витков обмоток связи;

$H_m = kH_{\text{с}}$, где k — коэффициент форсировки в цепи движения.

Из последнего уравнения системы (3-2) для скорости перемагничивания элемента M_3 получим:

$$-\frac{d\Phi_3}{dt} = \frac{\dfrac{a w_2 w_3}{R_{\text{св}}} \dfrac{d\Phi_2}{dt} - H_{\text{c}}}{\dfrac{a w_3^2}{R_{\text{св}}}}. \tag{3-4}$$

Отметим, что $w_2 \frac{d\Phi_2}{dt} = U_{22}$ есть напряжение на обмотке w_2 элемента M_2 и, следовательно, $\frac{a w_2 w_3}{R_{св}} \frac{d\Phi_2}{dt}$ есть максимальная величина напряженности поля, создаваемая в элементе M_3, которую обозначим через $H_{mсв}$.

Умножая числитель и знаменатель (3-4) на $d\Phi_2/dt$ и заменяя w_3 на w_2/b, для скорости перемагничивания элемента M_3 получим:

$$-\frac{d\Phi_3}{dt} = b \frac{d\Phi_2}{dt} \frac{H_{mсв} - H_с}{H_{mсв}} = \frac{d\Phi_2}{dt} \frac{b(k_2 - 1)}{k_2}, \qquad (3\text{-}5)$$

где $k_2 = H_{mсв}/H_с$ — коэффициент форсировки в цепи связи.

Для того, чтобы элемент M_3 полностью подготовился за время полного перемагничивания элемента M_2, необходимо, чтобы скорость перемагничивания элемента M_3 в процессе подготовки была выше скорости перемагничивания элемента M_2. Таким образом, для обеспечения полной подготовки элемента M_3 необходимо, чтобы выполнялось соотношение

$$b \frac{k_2 - 1}{k_2} = \alpha \geqslant 1. \qquad (3\text{-}6)$$

Из соотношения (3-6) следует, что с ростом коэффициента форсировки в цепи связи необходимое отношение w_2/w_3 стремится к α.

Так как на практике величина потока насыщения у магнитных элементов отклоняется от номинальной, то для того, чтобы обеспечить полную подготовку элемента M_3 в случае, когда поток насыщения элемента M_3 больше потока насыщения элемента M_2, величина α должна удовлетворять соотношению

$$\alpha = b \frac{k_2 - 1}{k_2} \geqslant \frac{\Phi_{s3}}{\Phi_{s2}} > 1, \qquad (3\text{-}7)$$

где Φ_{s3} — величина потока насыщения элемента M_3;
Φ_{s2} — величина потока насыщения элемента M_2.

Таким образом, на практике из-за разброса значений величины потока насыщения магнитных элементов вели-

чина α выбирается с некоторым запасом, чтобы подготовка сердечника осуществлялась за время, меньшее времени полного перемагничивания ведущего сердечника. По окончании подготовки элемента M_3 в цепи связи устанавливается новое значение тока, определяемое напряжением на обмотке w_2 и величиной сопротивления $R_{св}$. Составляя уравнение перемагничивания, для скорости перемагничивания элемента M_2 в этом случае получим:

$$\frac{d\Phi_2}{dt}=\frac{H_m-H_c}{a\left(\frac{w_1^2}{R_1}+\frac{w_2^2}{R_{св}}+\frac{w_3^2}{R_{св}}+\frac{w_н^2}{R_н}\right)}. \qquad (3\text{-}8)$$

Сравнивая скорость перемагничивания элемента M_2 при подготовке элемента M_3 и после окончания подготовки элемента M_3, для отношения скоростей получаем:

$$\left(\frac{d\Phi_2}{dt}\right)_1 \Big/ \left(\frac{d\Phi_2}{dt}\right)_2=1+\frac{b(k_2-1)}{k-1}=1+\frac{\alpha k_2}{k-1}. \qquad (3\text{-}9)$$

Величина отношения скоростей перемагничивания элемента M_2 зависит от отношения числа витков в обмотках связи, коэффициента форсировки в цепи связи k_2 и коэффициента форсировки k в цепи движения элемента M_2. В зависимости от значений этих параметров различие между скоростями перемагничивания будет изменяться и при некоторых значениях параметров b, k_2, k будет весьма велико. Выходной импульс будет иметь форму, показанную на рис. 3-2. Обычно желательно, чтобы выходной импульс имел форму, близкую к прямоугольной, т. е. чтобы разница между скоростями перемагничивания элемента M_2 во время подготовки элемента M_3 и после окончания подготовки элемента M_3 была мала; для этого необходимо, чтобы величина $b(k_2-$ $-1)/(k-1)$ была близка к нулю. В этом случае можно

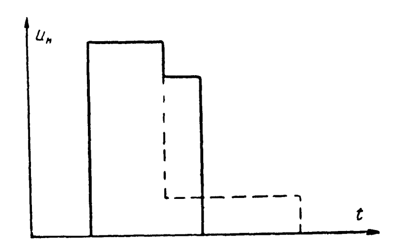


Рис. 3-2. Форма импульса на выходе распределителя.

рассчитать параметры распределителя, обеспечивающие получение на нагрузке импульса с заданными амплитудой и длительностью.

При расчете параметров распределителя делается предположение, что скорость перемагничивания элемента распределителя постоянна в течение всего времени перемагничивания. При малой разнице в скоростях перемагничивания элемента на первом и втором участках возникающая вследствие предположения о постоянстве скорости перемагничивания ошибка будет мала. В качестве расчетной скорости перемагничивания элемента можно было бы взять среднеарифметическое скоростей $(d\Phi/dt)_1$ и $(d\Phi/dt)_2$, но так как реальная скорость перемагничивания сердечника будет ниже расчетной вследствие наличия потерь в реальном сердечнике, которыми мы пренебрегаем при расчете, то более точное совпадение с расчетом будет иметь место, если в качестве расчетной скорости перемагничивания элемента использовать скорость перемагничивания элемента M_2 по окончании подготовки элемента M_3. Из формулы (3-8) для времени полного перемагничивания элемента M_2 получим следующее выражение:

$$T_{\text{п}} = \frac{2\Phi_s\left(\frac{w_1^2}{R_1} + \frac{w_2^2}{R_{\text{св}}} + \frac{w_3^2}{R_{\text{св}}} + \frac{w_{\text{н}}^2}{R_{\text{н}}}\right)}{\pi D_{\text{ср}}(H_m - H_c)}. \quad (3\text{-}10)$$

При выводе расчетных формул для параметров магнитного элемента распределителя воспользуемся методикой, которая применялась при расчете параметров импульсного магнитного элемента с активной нагрузкой (§ 2-1).

Для того чтобы воспользоваться этой методикой, нам необходимо выразить члены $w_2^2/R_{\text{св}}$ и $w_3^2/R_{\text{св}}$ формулы (3-10) через время перемагничивания, поток насыщения и безразмерные параметры цепи связи b и k_2. Для этого умножим числители и знаменатели этих членов на величину $2\Phi_s/T_{\text{п}}$. Так как различие между скоростями перемагничивания элемента M_2 во время подготовки элемента M_3 и после окончания подготовки мало, то можно считать, что $2w_2\frac{\Phi_s}{T_{\text{п}}}$ равно напряжению на обмотке w_2 эле-

мента M_2 во время подготовки элемента M_3. Тогда $w_2^2/R_{св}$ можно преобразовать следующим образом:

$$\frac{w_2^2}{R_{св}}=\frac{bw_3U_{22}T_п}{2\Phi_s R_{св}}=\frac{bk_2\pi D_{ср}H_сT_п}{2\Phi_s}. \tag{3-11}$$

Так как $w_2^2=b^2w_3^2$, то для $w_3^2/R_{св}$ получим:

$$\frac{w_3^2}{R_{св}}=\frac{k_2\pi D_{ср}H_сT_п}{2b\Phi_s}. \tag{3-12}$$

Подставляя полученные выражения в (3-10) методом § 2-1 для потока насыщения Φ_s, объема сердечника $V_с$, числа витков в обмотке движения (w_1) и выходной обмотке ($w_н$), сопротивления R_1 в цепи движения, получим соотношения, аналогичные соотношениям для одиночного сердечника.

Минимально допустимое значение потока насыщения будет равно:

$$\Phi_{s0}=\frac{P_нT_п}{2\pi D_{ср}H_с\left[k-1-\left(b+\frac{1}{b}\right)k_2\right]}. \tag{3-13}$$

где $P_н$ — мощность, выделяющаяся на сопротивлении нагрузки $R_н$.

Полагая, что выбранное значение потока насыщения элемента Φ_s в β раз ($\beta>1$) превышает Φ_{s0}, для Φ_s получаем:

$$\Phi_s=\beta\frac{P_нT_п}{2\pi D_{ср}H_с\left[k-1-\left(b+\frac{1}{b}\right)k_2\right]}. \tag{3-14}$$

Пока мы не делаем никаких предположений о значении величины β (кроме того, что β больше единицы). Выбор значения β будет рассмотрен в дальнейшем. Из (3-14) можно получить величину объема сердечника магнитного элемента распределителя

$$V_с=\beta\frac{P_нT_п\cdot 10^4}{2B_sH_с\left[k-1-\left(b+\frac{1}{b}\right)k_2\right]}. \tag{3-15}$$

Из формул (3-14) и (3-15) следует, что требуемые значения потока насыщения и объема сердечника пропорциональны энергии выходного импульса.

Для числа витков обмотки движения w_1 будем иметь:

$$w_1 = \frac{\pi D_{\text{ср}} U_{\text{д}} H_{\text{с}} \left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]^2 (\beta - 1)}{P_{\text{н}} k \beta^2}, \quad (3\text{-}16)$$

а для числа витков выходной обмотки $w_{\text{н}}$ получим:

$$w_{\text{н}} = \frac{\pi D_{\text{ср}} U_{\text{н}} H_{\text{с}} \left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]}{P_{\text{н}} \beta}, \quad (3\text{-}17)$$

где $U_{\text{н}}$ — амплитуда выходного импульса (напряжение на $R_{\text{н}}$).

Величина сопротивления в цепи движения R_1 будет равна:

$$R_1 = \frac{U_{\text{д}}^2}{P_{\text{н}}} \frac{\left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]^2 (\beta - 1)}{k^2 \beta^2}. \quad (3\text{-}18)$$

В процессе перемагничивания элемента в цепи движения протекает ток

$$I_1 = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{д}}} \frac{k\beta \left\{k + \left[1 + \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right] (\beta - 1)\right\}}{(\beta - 1) \left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]^2}. \quad (3\text{-}19)$$

По окончании перемагничивания элемента распределителя ток в цепи движения увеличивается и достигает величины

$$I'_1 = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{д}}} \frac{k^2 \beta^2}{\left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]^2 (\beta - 1)}. \quad (3\text{-}20)$$

Отношение энергии, отдаваемой в нагрузку, к энергии, расходуемой в цепи движения при перемагничивании элемента, равно:

$$\eta = \frac{\left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]^2 (\beta - 1)}{k\beta \left\{k + \left[1 + \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right] (\beta - 1)\right\}}. \quad (3\text{-}21)$$

Это отношение при $\beta = 1 + \sqrt{k \Big/ \left[1 + \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]}$ достигает максимального по β значения, равного:

$$\eta_{\text{макс}} = \frac{\left(\sqrt{k} - \sqrt{1 + \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2}\right)^2}{k}. \qquad (3\text{-}22)$$

При этом значении β достигается также минимальное значение тока, потребляемого в цепи движения при перемагничивании элемента. Минимальное значение тока в цепи движения по окончании перемагничивания элемента достигается при значении β, равном двум:

$$I'_{1\text{мин}} = \frac{U_{\text{н}} I_{\text{н}} \cdot 4k^2}{U_{\text{д}} \left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]^2}. \qquad (3\text{-}23)$$

В распределителях, питаемых от сети переменного тока через формирователи, схема цепи движения имеет

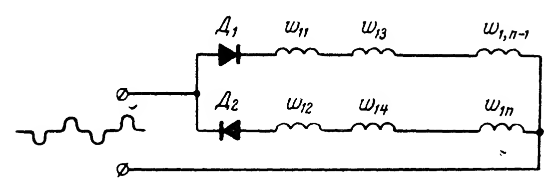


Рис. 3-3. Схема включения тактовых обмоток при питании распределителя от источника двухполярных импульсов.

вид, изображенный на рис. 3-3. Возникающее при подготовке элемента M_3 на его обмотке движения (w_{13} на рис. 3-3) напряжение (минус на начале обмотки w_{13}), равное:

$$U_{13} = aU_{\text{д}} \left(1 - \frac{1 + b + \frac{k_2}{b}}{k}\right)\left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \approx a \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) U_{\text{д}}, \qquad (3\text{-}24)$$

приложено к диоду $Д_1$ в прямом направлении, и если оно превосходит амплитуду импульса движения (кото-

рый приложен к $Д_1$ в обратном направлении), то диод $Д_1$ открывается и подготавливаемый сердечник будет нагружен по обмотке w_1, что может привести к частичной подготовке других нечетных элементов распределителя. Для того чтобы это нежелательное явление не имело места, необходимо, чтобы U_{13} было меньше или равно $U_д$. Отсюда следует, что β должно удовлетворять следующему неравенству:

$$\beta \leqslant \frac{\alpha\left(1 - \frac{1 + b + k_2/b)}{k}\right)}{\alpha\left(1 - \frac{1 + b + k_2/b}{k}\right) - 1} \approx \frac{\alpha}{\alpha - 1}. \tag{3-25}$$

Для определения параметров цепи связи и выбора типов диодов необходимо определить максимальные обратные напряжения на диодах и максимальные токи через диоды.

Максимальное обратное напряжение прикладывается к диоду $Д_{13}$ в цепи связи (рис. 3-1) при подготовке элемента. Это напряжение равно:

$$U_{Д_{13}} = \alpha\left(1 - \frac{1 + b + k_2/b}{k}\right)\left(1 - \frac{1}{\beta}\right)\frac{w_2}{w_1}U_д \approx$$

$$\approx \alpha\left(1 - \frac{1}{\beta}\right)\frac{w_2}{w_1}U_д. \tag{3-26}$$

Максимальное обратное напряжение на диодах $Д_2$ в цепи связи возникает при срабатывании элемента. Это напряжение равно:

$$U_{Д_2} = \frac{w_2}{w_1}U_1 = \frac{w_2}{w_1}\left(1 - \frac{1 + \left(b + \frac{1}{b}\right)k_2}{k}\right)\left(1 - \frac{1}{\beta}\right)U_д. \tag{3-27}$$

Максимальное обратное напряжение прикладывается к диоду $Д_н$ при подготовке элемента и равно:

$$U_{Д_н} = U_1\frac{w_2}{w_1}\left(1 - \frac{1}{k_2}\right)\frac{w_н}{w_3} = \alpha U_н. \tag{3-28}$$

Максимальный ток через диоды $Д_1$ (и обмотки w_2 и w_3) в цепи связи равен:

$$I_{Д_1} = \frac{U_2}{R_{св}} = \frac{\pi D_{ср} k_2 H_c}{w_3}. \tag{3-29}$$

Максимальный ток через диоды $Д_2$ в цепи связи равен:

$$I_{Д_2} = \frac{U_3}{R_{св}} = \frac{I_{Д_1}}{b}. \qquad (3\text{-}30)$$

Формула (3-29) позволяет по заданному допустимому току через диоды $Д_1$ определить число витков в обмотках связи и $R_{св}$:

$$w_3 = \frac{\pi D_{ср} k_2 H_c}{I_{Д_1 доп}}; \quad w_2 = b w_3 \qquad (3\text{-}31)$$

$$R_{св} = \frac{U_2}{I_{Д_1 доп}} = \frac{b w_3 U_н}{w_н I_{Д_1 доп}}. \qquad (3\text{-}32)$$

Для выбора типов сопротивлений $R_{св}$ и R_1 необходимо знать рассеиваемые на этих сопротивлениях мощности. Максимальные мощности, рассеиваемые на сопротивлениях $R_{св}$ и R_1, равны:

$$P_{R_{св}} = \frac{\pi D_{ср} k_2 U_2 H_c}{w_3} = \frac{P_н \beta b k_2}{\left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]} \qquad (3\text{-}33)$$

и

$$P_{R_1} = P_н \frac{k^2 \beta^2}{\left[k - 1 - \left(b + \frac{1}{b}\right) k_2\right]^2 (\beta - 1)}. \qquad (3\text{-}34)$$

Получив выражения для всех параметров элемента и электрических нагрузок элементов схемы, мы можем перейти к расчету параметров распределителя, обеспечивающих получение на заданном сопротивлении нагрузки импульса заданной амплитуды и длительности. Порядок расчета следующий:

1. Выбираем значение отношения скоростей перемагничивания подготавливаемого и рабочего элемента (α). Обычно берут $\alpha = 1{,}5 \div 1{,}7$.

2. Выбираем значения отношения витков обмоток связи b и величину коэффициента форсировки в цепи связи k_2, обеспечивающих в соответствии с формулой (3-7) получение выбранного значения α. Обычно выбирают $b = 2$, при этом k_2 (при $\alpha = 1{,}5 \div 1{,}7$) лежит в пределах 4—7.

3. Задаваясь максимально допустимым отношением $(d\Phi/dt)_1/(d\Phi/dt)_2$, равным 1,1—1,2, из формулы (3-9) по выбранным α и k_2 находим минимально допустимое значение коэффициента форсировки в цепи движения k_0. Выбираем $k \geqslant k_0$.

4. По выбранному значению α находим из формулы (3-25) максимально допустимое значение $\beta_{доп}$.

5. Задаваясь материалом сердечника (B_s и H_c) и $\beta = \beta_{доп}$, по формуле (3-15) определяем необходимый объем сердечника V_{c0}. Из номинального ряда сердечников выбираем сердечник с ближайшим к полученному значению объемом V_c (объем выбранного сердечника должен быть равен или меньше V_{c0}).

6. Подставляя величину объема выбранного сердечника в формулу (3-15), находим значение β. Если полученное значение оказывается меньше двух, то увеличиваем величину коэффициента форсировки в цепи движения до тех пор, пока β не станет равно двум или больше двух [но меньше значения $\beta_{доп}$, найденного по формуле (3-25)].

7. Задаемся амплитудой импульса движения или по заданному максимальному значению тока в цепи движения I'_1 (которое при применении полупроводниковых приборов в цепи движения не должно превышать максимально допустимого через прибор тока) из формулы (3-20) находим амплитуду импульса движения.

8. По формулам (3-16)—(3-18) определяем число витков обмотки движения w_1, число витков выходной обмотки $w_н$ и величину сопротивления R_1 в цепи движения.

9. Выбираем тип диодов $Д_1$ в цепи связи (определяя таким образом максимально допустимую величину тока в цепи связи).

10. По формуле (3-31) определяем число витков обмотки w_3, затем находим число витков обмотки w_2 и по (3-32) величину сопротивления $R_{св}$.

11. Находим максимальные токи во всех обмотках (I_{w2} и I_{w3} — по формуле (3-29), а $I_{wн}$ и I_{w1} — по закону Ома), определяем диаметр проводов обмоток и проверяем возможность размещения обмоток на сердечнике. Если обмотки не умещаются, то уменьшаем амплитуду импульса движения, выбираем диоды $Д_1$ с большим допустимым током и проводим расчет w_1, w_3 и w_2 заново.

12. Определяем максимальные обратные напряже-

ния на диодах по формулам (3-26)—(3-28) и выбираем по номинальным значениям обратного напряжения типы диодов.

13. Находим по формулам (3-33) и (3-34) пиковые мощности, рассеиваемые на сопротивлениях $R_{св}$ и R_1, выбираем тип сопротивлений.

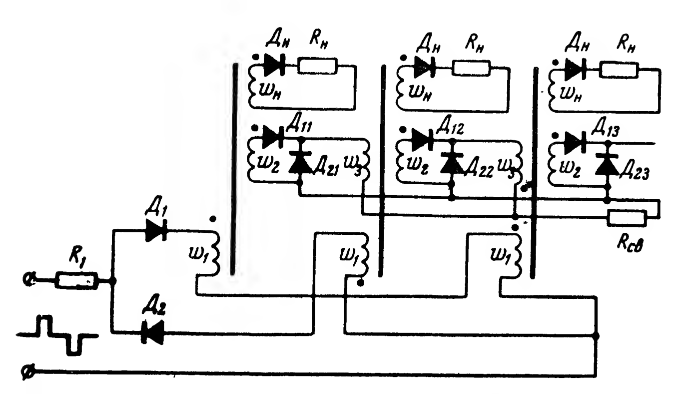


Рис. 3-4. Двухтактный распределитель с общим сопротивлением в цепи связи.

Двухтактный распределитель с общим сопротивлением в цепи связи. Двухтактный распределитель с общим сопротивлением в цепи связи $R_{св}$ (рис. 3-4) может работать в двух режимах. В первом режиме диод $Д_2$ в цепи связи открыт и напряжение на сопротивлении $R_{св}$ равно напряжению на обмотке w_3 рабочего элемента. Во втором режиме напряжение, падающее на сопротивлении $R_{св}$ за счет тока, который протекает по обмотке w_3 подготавливаемого элемента, больше напряжения на обмотке w_3 рабочего элемента. При этом диоды $Д_2$ и $Д_1$ в цепи связи рабочего элемента с предыдущим оказываются запертыми. Какой из этих режимов работы имеет место в схеме, определяется параметрами цепи связи. Выражая ток через обмотку w_3 подготавливаемого сердечника как $\frac{\pi D_{ср} H_с}{w_3}$, получим следующее условие запирания диодов $Д_1$ и $Д_2$:

$$\frac{\pi D_{ср} H_с R_{св}}{w_3} > w_3 \frac{d\Phi_2}{dt}. \qquad (3\text{-}35)$$

Учитывая, что $w_3 \frac{d\Phi_2}{dt}$ есть напряжение на обмотке w_3 рабочего элемента и что оно равно U_{22}/b, условие запирания цепи обратной передачи информации можно записать в виде

$$b \geqslant k_2. \tag{3-36}$$

Рассмотрим вначале режим работы, при котором диод $Д_2$ в цепи связи рабочего элемента с предыдущим открыт. В этом случае процесс перемагничивания рабочего элемента описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\left.\begin{aligned} &w_1 \frac{d\Phi_2}{dt} + i_1 R_1 = U_д; \\ &w_н \frac{d\Phi_2}{dt} + i_н R_н = 0; \\ &w_2 \frac{d\Phi_2}{dt} + w_3 \frac{d\Phi_3}{dt} + i_{R_{св}} R_{св} = 0; \\ &w_3 \frac{d\Phi_2}{dt} + i_{R_{с/в}} R_{св} = 0. \end{aligned}\right\} \tag{3-37}$$

Из этой системы уравнений для соотношения между скоростями перемагничивания рабочего и подготавливаемого элементов получим следующее выражение:

$$-\frac{d\Phi_3}{dt} = (b-1)\frac{d\Phi_2}{dt}. \tag{3-38}$$

Для скорости перемагничивания рабочего элемента, решая систему уравнений (3-37), получим:

$$\frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{H_m - bH_c}{a\left(\frac{w_1^2}{R_1} + \frac{w_н^2}{R_н} + \frac{w_3^2}{R_{св}}\right)}. \tag{3-39}$$

Используя выражение (3-12) для $w_3^2/R_{св}$, выражение (3-39) для скорости перемагничивания рабочего элемента можно записать в виде

$$\frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{H_m - \left(b + \frac{k_2}{b}\right) H_c}{a\left(\frac{w_1^2}{R_1} + \frac{w_н^2}{R_н}\right)}. \tag{3-40}$$

Это выражение для скорости перемагничивания рабочего элемента распределителя совпадает с выражением для скорости перемагничивания одиночного элемента, нагруженного на сопротивление $R_н$ и обладающего коэрцитивной силой, равной $H_c\left(b+\frac{k_2}{b}\right)$ [что можно показать на основании выражения (2-1)]. Поэтому расчет параметров элемента (кроме параметров цепи связи) можно провести методом, изложенным в § 2-1 для одиночного сердечника, заменив во всех формулах H_c на $H_c\left(b+\frac{k_2}{b}\right)$ и $k-1$ на $k-\left(b+\frac{k_2}{b}\right)$.

Расчет параметров цепи связи и выбор типов диодов и номинальных мощностей сопротивлений проводится по методике и формулам, приведенным выше в данном параграфе, при замене в формуле (3-26) w_2 на w_3. Коэффициент $\alpha=\frac{b(k_2-1)}{k_2}$ может быть выбран сколь угодно большим, ибо при $b=2$ и $k_2>b$ скорость перемагничивания подготавливаемого элемента независимо от величины коэффициента форсировки в цепи связи k_2 равна скорости перемагничивания рабочего элемента.

Здесь следует отметить следующее: так как в реальных сердечниках существуют потери в магнитопроводе (основными в ленточных сердечниках являются потери на вихревые токи), то запаздывание, вызываемое вихревыми токами, при $k_2<k$ будет больше для подготавливаемого элемента. Поэтому при $b=2$ и не очень больших значениях k_2 в схеме распределителя может иметь место неполная подготовка следующих элементов и как результат этого нарушение работы распределителя. Для того чтобы этого заведомо не происходило, необходимо выбирать b равным 2,1—2,2. Кроме того, с уменьшением заданной длительности выходного импульса следует увеличивать коэффициент форсировки в цепи связи.

При расчете параметров двухтактного распределителя с общим сопротивлением в цепи связи, когда выполняется условие (3-36) запирания цепи обратной передачи информации, при расчете параметров распределителя можно использовать приведенную в данном параграфе методику, исключив из всех формул член k_2/b. Кроме

того, в этом случае диоды $Д_2$ в цепи связи, предотвращающие обратную передачу информации, удаляются. Величина b в этом случае выбирается от 3 до 5 (обычно 4) и k_2 берется равным b.

В заключение рассмотрим расчет распределителя на основе изложенной методики (на примере схемы с индивидуальными сопротивлениями).

Пусть заданы параметры выходного импульса: $U_н=30$ *в*, $T_п=1,8$ *мсек*, сопротивление нагрузки $R_н=300$ *ом*.

Произведем расчет:

1. Выбираем значение $\alpha=1,5$.

2. Выбираем $b=2$ и находим величину k_2. При выбранных b и α $k_2=4$.

3. Выбираем отношение скоростей перемагничивания рабочего элемента равным 1,2. Определяем по формуле (3-9) минимально допустимое значение коэффициента форсировки в цепи движения. Получаем $k_0=30$. Выбираем $k=61$.

4. Находим по формуле (3-25) максимально допустимое значение $\beta_{доп}$. Получаем $\beta_{доп}=3$.

5. Считаем, что сердечники изготовлены из 50НП. Для 50НП $B_s=1,35$ *тл*, $H_c=1/2\pi$ *а/см*. Находим необходимый объем сердечника V_{c0} по формуле (3-15), $V_{c0}=7,54$ *см*^{3}. Выбираем сердечник ОЛ28/40-10 50НП—0,05 НО66 с активным объемом магнитопровода 6,42 *см*^{3} (см. приложение 2).

6. Находим значение β; $\beta=\beta_{доп}\dfrac{V_c}{V_{c0}}=2,55$.

7. Задаемся амплитудой импульсов движения $U_д=24$ *в*.

8. Определяем число витков в обмотках и величину сопротивления:

$$w_1=\frac{3,4\cdot\pi\cdot 24\cdot 50^2\cdot 1,55}{2\pi\cdot 3\cdot 61\cdot 2,55^2}\approx 133 \text{ витка};$$

$$w_н=\frac{3,4\cdot\pi\cdot 30\cdot 50}{2\pi\cdot 3\cdot 2,55}\approx 333 \text{ витка};$$

$$R_1=\frac{24^2}{3}\cdot\frac{50^2}{61^2}\cdot\frac{1,55}{2,55^2}=30 \text{ ом}.$$

9. Выбираем диоды $Д_1$ типа Д7 ($I_{доп}=300$ *ма*) и выбираем максимальную величину тока в цепи связи $I_{Д_1}=50$ *ма*.

10. Определяем по формуле (3-31) число витков обмотки w_3:

$$w_3=\frac{3,4\cdot 4\pi}{2\pi\cdot 0,05}=136 \text{ витков};$$

$$w_2=2w_3=272 \text{ витка}.$$

Находим из (3-32) величину $R_{св}$:

$$R_{св}=\frac{U_2}{I_{Д_1}}=\frac{w_2U_н}{w_нI_{Д_1}}=\frac{272\cdot30}{333\cdot0,05}=481\ ом.$$

Выбираем ближайшее значение по шкале номиналом $R_{св}=$ $=470$ *ом.*

11. Определяем токи во всех обмотках:

$$I_{w_н}=\frac{U_н}{R_н}=0,1\ а;\ I_{w_2}=I_{w_3}=I_{Д_1}=0,05\ а;$$

$$I_{w_1}=\frac{U_д}{R_1}=0,8\ а.$$

12. Находим по формулам (3-26) — (3-28) максимальные обратные напряжения на диодах $U_{Д_1}=44\ в$, $U_{Д_2}=28\ в$, $U_{Д_н}=45\ в$.

Выбираем в качестве диодов $Д_1$, $Д_2$ и $Д_н$ диоды Д7Б.

13. Определяем по формулам (3-33) и (3-34) рассеиваемые на сопротивлениях мощности

$$P_{R_1}=19,2\ вт;\ P_{R_{св}}=1,2\ вт.$$

Выбираем R_1 — ПЭВ-20 и $R_{св}$ — МЛТ-2.

Для сравнения произведем расчет параметров двухтактного распределителя с общим сопротивлением в цепи связи при тех же параметрах выходного импульса и с тем же сердечником, что и у распределителя с индивидуальными сопротивлениями в цепи связи.

Задано: $U_н=30\ в$; $T_п=1,8\ м/сек$; $R_н=300\ ом$; $V_с=6,42\ см^3$; $S=$ $=0,6\ см^2$; $B_s=1,35\ тл$; $H_с=1/2\pi\ а/см$.

1. Выбираем значение $b=2,1$.
2. Выбираем значение $k_2=10,5$.
3. Задаемся коэффициентом форсировки в первичной цепи $k=61$.
4. По формуле (2-6), заменяя $k-1$ на $k\left(b+\frac{k_2}{b}\right)$, находим величину β:

$$\beta=\frac{2V_сB_sH_с\left[k-\left(b+\frac{k_2}{b}\right)\right]}{P_нT_п\cdot10^4}=$$

$$=\frac{2\cdot6,42\cdot1,35\cdot53,9}{2\pi\cdot3\cdot1,8\cdot10^{-3}\cdot10^4}\approx2,76.$$

5. Задаемся амплитудой импульсов движения $U_д=24\ в$.

6. По формулам (2-40), (2-41) и (2-10), заменяя $k-1$ на $k-\left(b+\frac{k_2}{b}\right)$, определяем:

$$w_1=\frac{U_д T_п}{2\Phi_s}\left(1-\frac{b+\frac{k_2}{b}}{k}\right)\left(1-\frac{1}{\beta}\right)=$$

$$=\frac{24\cdot 1,8\cdot 10^{-3}\cdot 10^4}{2\cdot 0,6\cdot 1,35}\left(1-\frac{7,1}{61}\right)\left(1-\frac{1}{2,76}\right)=152 \text{ витка};$$

$$w_н=\frac{U_н T_п}{2\Phi_s}=\frac{30\cdot 1,8\cdot 10^{-3}\cdot 10^4}{2\cdot 0,6\cdot 1,35}=333 \text{ витка};$$

$$R_1=\frac{U_Д^2}{P_н}\frac{\left[k-\left(b+\frac{k_2}{b}\right)\right]^2}{k^2}\frac{\beta-1}{\beta}=$$

$$=\frac{24^2\cdot 53,9^2\cdot 1,76}{3\cdot 61^2\cdot 2,76^2}=35 \text{ ом}.$$

7. Выбираем в качестве диодов в цепи связи диоды типа Д7 ($I_Д=0,3$ *а*) и задаемся максимальной величиной тока через диоды $I_{Д_1}$, равной 0,1 *а*.

8. Определяем по формулам (3-31) и (3-32) число витков обмоток w_3 и w_2 и величину сопротивления $R_{св}$:

$$w_3=\frac{\pi D_{ср} k_2 H_c}{I_{Д_1}}=\frac{\pi\cdot 3,4\cdot 10,5}{2\pi\cdot 0,1}=178 \text{ витков};$$

$$w_2=2,1 w_3=373 \text{ витка};$$

$$R_{св}=\frac{U_2}{I_{Д_1}}=\frac{w_2 U_н}{w_н I_{Д_1}}=\frac{373\cdot 30}{333\cdot 0,1}=336 \text{ ом}.$$

Выбираем ближайшее сопротивление по шкале номиналом $R_{св}=330$ *ом*.

9. Определяем токи во всех обмотках:

$$I_{w_н}=\frac{U_н}{R_н}=0,1 \; a; \; I_{w_2}=I_{w_2}=I_{Д_1}=0,1 \; a;$$

$$I_{w_1}=\frac{U_д}{R_1}=0,69 \; a.$$

10. Находим максимальные обратные напряжения на диодах:

$$U_{Д_1}=U_2\frac{w_2}{w_3}=\frac{bw_2}{w_н}U_н=\frac{2,1\cdot 30\cdot 373}{333}=71 \text{ в};$$

$$U_{Д_2}=U_2\frac{U_н w_2}{w_н}=\frac{30\cdot 373}{333}=34 \text{ в};$$

$$U_{Д_н}=U_2\frac{w_н}{w_3}=bU_н=2,1\cdot 30=63 \text{ в}.$$

11. Определяем максимальные мощности, рассеиваемые на $R_{св}$ и R_1:

$$P_{R_{св}}=R_{св}I^2_{Д_1}=3,3 \text{ вт};$$

$$P_{R_1}=\frac{U^2_Д}{R_1}=16,5 \text{ вт}.$$

Выбираем R_1 — ПЭВ-20 и в качестве сопротивления $R_{св}$ два параллельно включенных сопротивления МЛТ-2 (620 и 680 *ом*).

Проверка размещения обмоток на сердечнике производится обычным образом. В обоих приведенных примерах расчета обмотки легко размещаются на сердечнике.

Изменяя незначительно величину максимального тока через диод $Д_1$, число витков обмотки w_2 можно сделать равным числу витков выходной обмотки $w_н$, что позволяет использовать ее и в качестве обмотки связи.

3-2. ОДНОТАКТНЫЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ

Двухтактные распределители используются преимущественно в системах ТС, а в системах ТУ—ТС их применение, несмотря на простоту и надежность, ограничено, так как при обратной сигнализации приходится нерационально использовать половину сердечников, передавая импульсы сигнализации только, например, с четных элементов (нечетные элементы используются для передачи импульсов управления) либо искусственно сдвигать питающее напряжение на одном из распределителей и передавать сигнализацию со сдвигом на 5 *мсек* (при питании от сети 50 *гц*), что накладывает ограничения на длительность импульсов в линии связи и на величину допустимого рассогласования фаз.

Поэтому обычно в системах ТУ—ТС используются однотактные распределители. Однако существующие однотактные распределители на МЭППГ обладают двумя

недостатками: первый — необходимость использования для запуска дополнительных сердечников и второй — значительный расход мощности в цепи связи на блокирование разряда конденсатора на время тактового импульса для обеспечения надежной работы распределителя. Авторами разработан однотактный распределитель. свободный от этих недостатков.

Считая принцип действия обычного однотактного распределителя известным, лишь напомним, что в отличие от двухтактного распределителя питание в однотактном распределителе подается сразу на все сердечники, а не сначала на четные, а затем на нечетные. Вследствие этого подготовка ведомого сердечника ведущим, т. е. тем, который перемагничивается от источника питания, не может происходить одновременно, как в двухтактном распределителе, так как этому будет препятствовать импульс в обмотке питания, стремящийся перемагничивать ведомый сердечник в противоположном направлении.

Рассмотрим схему распределителя (рис. 3-5,*а*), который перемагничивается от положительных импульсов, сформированных формирователем ФИ и подаваемых на обмотки питания w_1 элементов M_1—M_4.

Для предотвращения, во-первых, ответвления тока на обмотку w_2 при заряде конденсатора и, во-вторых, преждевременного разряда конденсатора C_2 на обмотку w_2, который должен начаться лишь после окончания импульса питания, используется запирающее напряжение от сети. Это запирающее напряжение, снимаемое с обмотки w'_3, предотвращает ответвление тока на обмотку w_2 при заряде конденсатора (по цепи: $нw_3$—$Д_2$—$Д_3$—w_2—T_2—$R_{св}$—w'_3—R_3—$кw_3$)[1] и не позволяет конденсатору преждевременно разрядиться (по цепи: положительная обкладка конденсатора C_2—$Д_3$—w_2—T_2—$R_{св}$—w'_3 — отрицательная обкладка конденсатора C_2). Так как напряжение запирания должно подаваться в фазе с напряжением питания, то при зарядке конденсатора на катод тиратрона T_2 подается положительная полуволна синусоидального напряжения и запирает его. В следующую полуволну, когда импульс питания будет отсутствовать,

---

[1] Здесь и в дальнейшем буквы *н* и *к* обозначают соответственно начало обмотки—*нw* и конец обмотки—*кw*. На схемах начала обмоток обозначены точками.

с обмотки w'_3 на катод тиратрона T_2 будет подано отрицательное напряжение, которое, складываясь с напряжением на конденсаторе, откроет тиратрон T_2, и через обмотку w_2 потечет ток разряда конденсатора, перемагничивая элемент M_2 «вниз» (перемагничивание сердечника от $+B_r$ до $-B_r$).

Рисунок 3-5,*б*, *в*, *г* иллюстрирует целесообразность применения в данном случае тиратрона тлеющего разряда вместо полупроводникового диода. На рис. 3-5,*б* показана схема подачи запирающего напряжения через диод $Д_{зап}$ на сопротивление связи $R_{св}$. Из рис. 3-5,*в* следует, что на участке *а—б* запирающего синусоидального напряжения диод $Д_3$ заперт и конденсатор разряжаться не будет. Как только запирающее напряжение станет меньше (начиная с точки *б*) напряжения на конденсато-

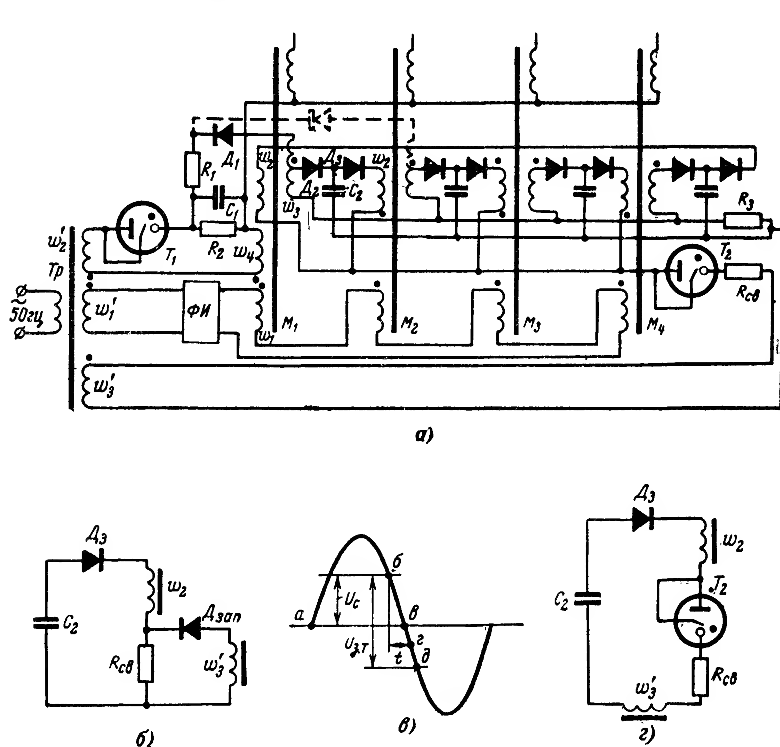


Рис. 3-5. Однотактный распределитель

ФИ — формирователь импульсов.

ре, диод $Д_3$ откроется и конденсатор начнет разряжаться. Однако разряд конденсатора на участке *б—в* приведет лишь к бесполезной трате энергии, так как в это же время на обмотки питания w_1 распределителя подается напряжение перемагничивания, которое не позволит конденсатору подготавливать сердечник M_2 по обмотке w_2. Бесполезная трата энергии конденсатора будет происходить и в начале отрицательной полуволны запирающего напряжения вследствие того, что в течение этого времени (участок до точки *г* на рис. 3-5,*в*) разряд конденсатора будет создавать ток, меньший тока перемагничивания сердечника M_2. Общее время t бесполезного разряда конденсатора показано на рис. 3-5,*в*.

На рис. 3-5,*г* представлена схема с тиратроном. В положительную полуволну запирающего напряжения *а—в* тиратрон закрыт, так как напряжение на конденсаторе U_C меньше напряжения зажигания тиратрона $U_{з.т}$. Тиратрон зажжется тогда, когда запирающее напряжение отрицательной полуволны достигнет такой величины, что, складываясь с напряжением на конденсаторе, сделается равным напряжению зажигания тиратрона $U_{з.т}$ (точка *д* на рис. 3-5,*в*). Как только тиратрон зажжется, падение напряжения на нем ($U_г$) станет меньше, чем напряжение зажигания ($U_{з.т}$), и разность $U_{з.т}—U_г$ приложится к обмотке w_2 сердечника M_2, который начнет перемагничиваться. Использование тиратрона обеспечивает незначительный расход энергии источника запирающего напряжения.

Заметим, что применение неоновой лампы вместо тиратрона типа МТХ-90 менее целесообразно вследствие того, что неоновая лампа зажигается при меньшем потенциале и допускает меньшую, чем тиратрон, величину тока.

После подготовки элемента M_2 следующий импульс питания перемагнитит его «вверх», отчего от возникающей на обмотке w_3 э. д. с. зарядится конденсатор в цепи связи между элементами M_2 и M_3 через сопротивление R_3. Далее конденсатор разряжается и подготавливает элемент M_3 и т. д.

Блок запуска работает следующим образом. Предположим, все элементы распределения находятся в неподготовленном состоянии (состояние индукции $+B_r$), тогда в нерабочую полуволну синусоидального напряжения

питания, т. е. в тот момент, когда на обмотки питания w_1 не подается сформированный импульс, на обмотку w_4 элемента M_1 через тиратрон T_1 и цепочку R_2C_1 будет подано напряжение с обмотки трансформатора w'_2, отчего тиратрон T_1 зажжется, и протекающий ток перемагнитит элемент M_1 до $-B_r$. При этом конденсатор C_1 зарядится и погасит тиратрон T_1. В следующую полуволну ток, протекая по w_1 элемента M_1, перемагнитит его до $+B_r$. При этом на w_3 элемента M_1 индуктируется импульс, который зарядит не только конденсатор C_2, но и конденсатор C_1, вследствие чего U_{C1} оказывается больше напряжения зажигания тиратрона I, который поэтому не будет зажигаться в течение всего цикла (в данном случае до окончания работы элемента M_4), для чего $R_2C_1 > T_{цикла}$. Если распределитель состоит из очень большого числа элементов или если необходимо уменьшить величины R_2 и C_1, то дополнительный заряд конденсатора C_1 может быть осуществлен не только с первого элемента, но с некоторых других элементов. Могут быть и другие схемы запуска, однако они более сложны, так как требуют дополнительных магнитных сердечников.

Так как распределитель замкнут в кольцо, то блок автозапуска необходим лишь в момент подключения распределителя к сети. Если распределитель не замкнут в кольцо, то в такой схеме автозапуска должна быть точно рассчитана постоянная времени R_2C_1, чтобы за период времени между срабатываниями последнего сердечника и запуском первого конденсатор C_1 успел разрядиться, в противном случае тиратрон T_1 не зажжется при подаче напряжения с обмотки w'_2.

Для увеличения надежности тиратроны T_1 и T_2 можно резервировать.

3-3. МНОГОРЯДНЫЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ

В рассмотренных распределителях число команд (передаваемых сообщений) соответствует числу сердечников. Если количество сообщений, подлежащих передаче, достигает нескольких сотен, то применение обычных распределителей нецелесообразно, так как они превращаются в громоздкие дорогостоящие устройства.

Многорядный распределитель предназначается для передачи большого числа сообщений при малом числе

элементов. Этот распределитель состоит из нескольких одноходовых распределителей, замкнутых в кольцо. Каждый одноходовой распределитель — это ряд. На рис. 3-6 представлены три одноходовых распределителя, т. е. один трехрядный распределитель. Трактовые импульсы (импульсы считывания) подаются одновременно в цепи питания всех распределителей, поэтому одновременно перемагничиваются три сердечника: один в первом ряду (в первом распределителе), другой во втором ряду (во втором распределителе) и третий в третьем ряду (в третьем распределителе). Сечение сердечников и числа витков соответствующих обмоток одинаковы. Ряд от ряда отличается лишь числом сердечников и числом выходных обмоток. В трехрядном распределителе, представленном на рис. 3-6, ряд *I* состоит из пяти элементов, ряд *II* — из двух элементов и ряд *III* — из трех элементов. Числа элементов в рядах многорядного распределителя должны быть различны и не должны иметь общих множителей. Предположим, что все ряды начинают перемагничиваться с первых сердечников. Тогда сначала одновременно перемагнитятся сердечники IM_1, IIM_1, $IIIM_1$, далее IM_2, IIM_2, $IIIM_2$. После этого распределитель *II* ряда начнет второй цикл, т. е. перемагнитятся сердечники IM_3, IIM_1, $IIIM_3$. Далее по второму циклу начнет перемагничиваться *III* ряд — IM_4, IIM_2, $IIIM_1$. Затем *II* ряд начнет третий цикл: IM_5, IIM_1, IIM_2. Только после этого начнется перемагничивание по второму циклу *I* ряда — IM_1, IIM_2 и $IIIM_3$ и т. д. Каждое такое перемагничивание обеспечивает определенную временную позицию. Ясно, что первая временная позиция (IM_1, IIM_1, $IIIM_1$) повторится через $5\times2\times3=30$ позиций. Таким образом, если бы применялся обычный распределитель, то для передачи 30 команд потребовалось бы 30 сердечников, в данном случае их нужно всего 10 (сумма $5+2+3$). Для передачи 420 команд нужно 19 сердечников $(7+5+3+4)$.

Выходные импульсы снимаются путем сложения трех импульсов, возникающих на выходных обмотках каждого ряда. На каждом элементе *I* ряда имеются две выходные обмотки (так как *II* ряд состоит из двух сердечников), на каждом элементе *II* и *III* ряда по одной выходной обмотке. Каждой временной позиции соответствует единственная комбинация последовательно соединенных

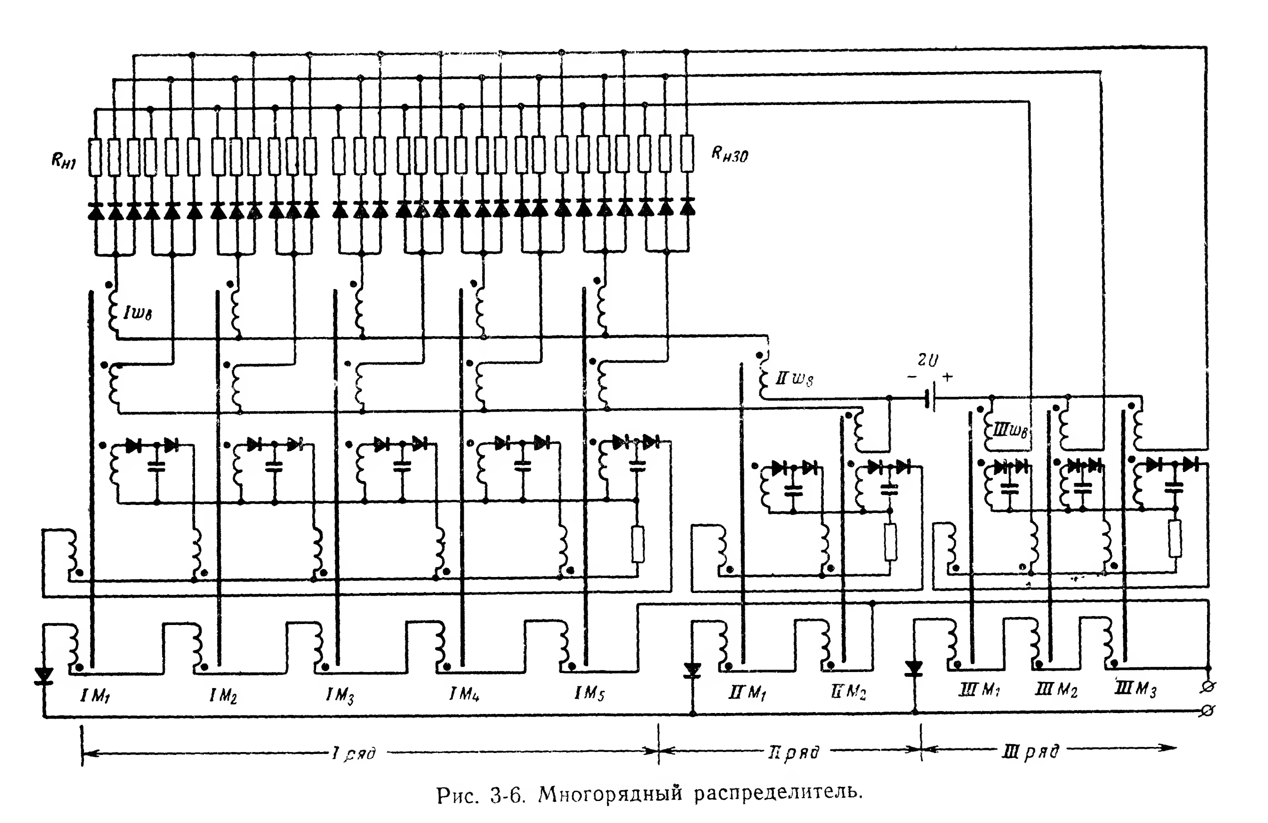


Рис. 3-6. Многорядный распределитель.

выходных обмоток каждого ряда. Таким образом, для каждого выходного импульса, снимаемого с многорядного распределителя, существует цепь из трех (по одной из каждого ряда) последовательно соединенных обмоток и включенного в эту цепь опорного напряжения. Величина опорного напряжения равна $2U$, где U — амплитуда импульса на каждой выходной обмотке. Когда импульсы возникают одновременно на всех трех обмотках, входящих в цепь, суммарное напряжение равно $3U$ и из него вычитается опорное напряжение, равное $2U$. С выходных сопротивлений ($R_{н1}$—$R_{н30}$) снимаются импульсы амплитудой U.

Например, при снятии импульса для первой временной позиции с сопротивления $R_{н1}$ образуется цепь: начало обмотки $Iw_в$ — диод $Д_1$ — сопротивление нагрузки $R_{н1}$ — обмотка $IIIw_в$ — источник опорного напряжения— обмотка $IIw_в$ — конец обмотки $Iw_в$.

3-4. МНОГОФАЗНЫЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ

При питании системы телеуправления от промышленной сети переменного тока ее быстродействие может оказаться недостаточным. Для увеличения быстродействия необходимо применение либо умножителей частоты, либо двух- или трехфазных распределителей.

Один из возможных вариантов схемы трехфазного распределителя, показанный на рис. 3-7, представляет собой двухтактный распределитель на 12 элементов, хотя число их может быть и бо́льшим (12, 18, 24, 30, 36, 42 и т. д.). От обычного однофазного распределителя такого же типа трехфазный распределитель отличается наличием трех цепей питания. Трехфазный распределитель состоит из трех самостоятельных распределителей: на каждую фазу — свой распределитель с отдельными цепями питания и связи. Согласованность работы этих распределителей достигается соответствующим включением цепей связи: обмотки связи первого распределителя (сердечники *1*, *4*, *7*, *10*) соединены в кольцо (обмотки сердечников *10* и *1* соединены в точках *a'* и *a*). Цепи связи второго распределителя (сердечники *2*, *5*, *8*, *11*) и третьего разомкнуты (они работают как регистры). Это значит, что первый распределитель может работать циклически, непрерывно. Работа второго и

третьего распределителей-регистров, когда закончится перемагничивание их последних сердечников (*11* и *12*), зависит от первого распределителя. Перемагничивание их первых сердечников (*2* и *3*) произойдет лишь после

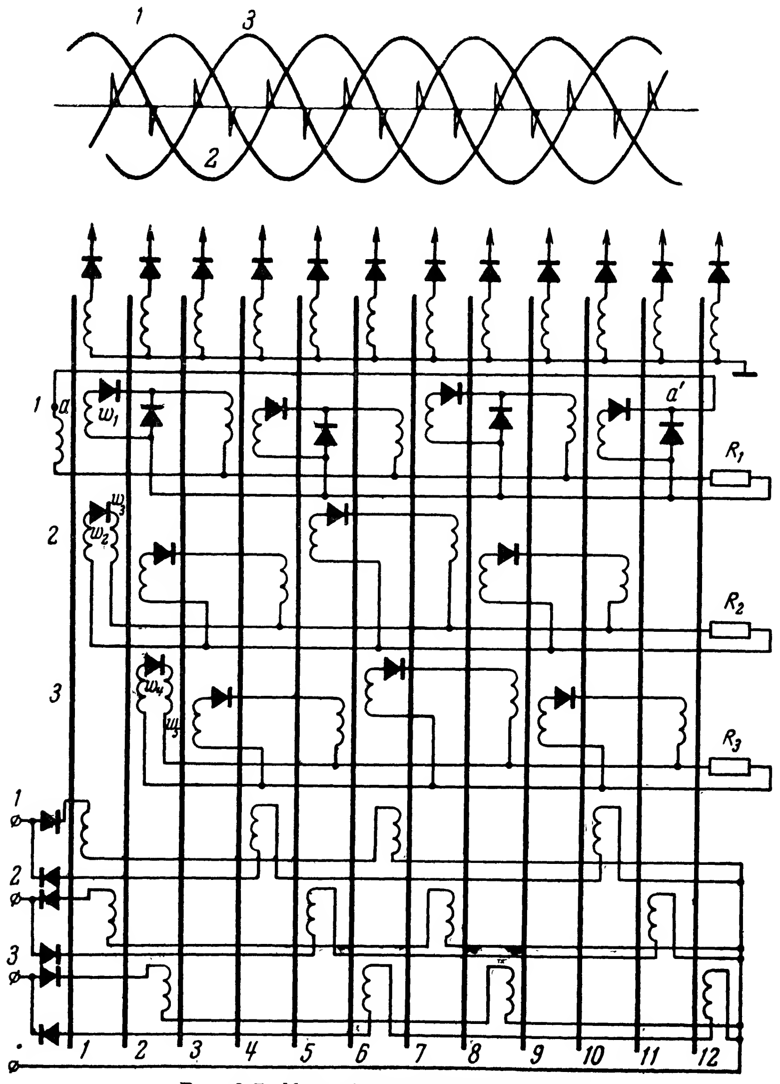


Рис. 3-7. Многофазный распределитель.

того, как их подготовит первый распределитель. Эта подготовка происходит по цепи w_2—w_3 (первый распределитель подготавливает второй). По цепи w_4—w_5 второй распределитель подготавливает третий.

Такой схемой достигается не только быстродействие, но и улучшение работы распределителя. Это позволяет получить самовозбуждение (возникновение генерации распределителя при плавном повышении напряжения) без применения специальных схем автоматического запуска у распределителей с большим числом сердечников (40—60 элементов). Для лучшего самовозбуждения цепи связи первого распределителя имеют по два диода и обмотки с большим числом витков, тогда как цепи связи распределителей-регистров имеют по одному диоду и обмотки со значительно меньшим числом витков.

3-5. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ НА РАЗВЕТВЛЕННОМ МАГНИТОПРОВОДЕ ТИПА «ЛЭДДИК»

Кроме распределителей, на тороидальных однодырочных магнитных элементах представляется возможным построить распределитель на разветвленном магнитопроводе, выполненном из листового пермаллоя 50НП. Структура такого магнитопровода изображена на рис. 3-8.

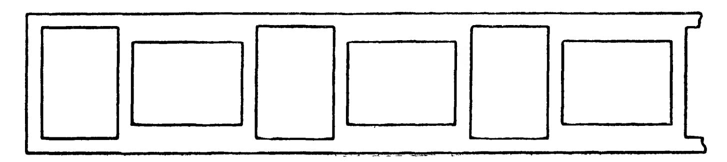


Рис. 3-8. Разветвленный магнитопровод.

Процесс перемагничивания распределителя представлен на рис. 3-9. На рис. 3-9,*а* сплошными стрелками изображено первоначальное состояние намагниченности магнитопровода перед началом его работы и пунктиром показана ячейка, которая может быть перемагничена. Ее перемагничивание показано на рис. 3-9,*б*. Из этого же рисунка видно, что из-за изменения намагниченности вокруг второго вертикального отверстия подготовленной оказалась следующая ячейка (показана пункти-

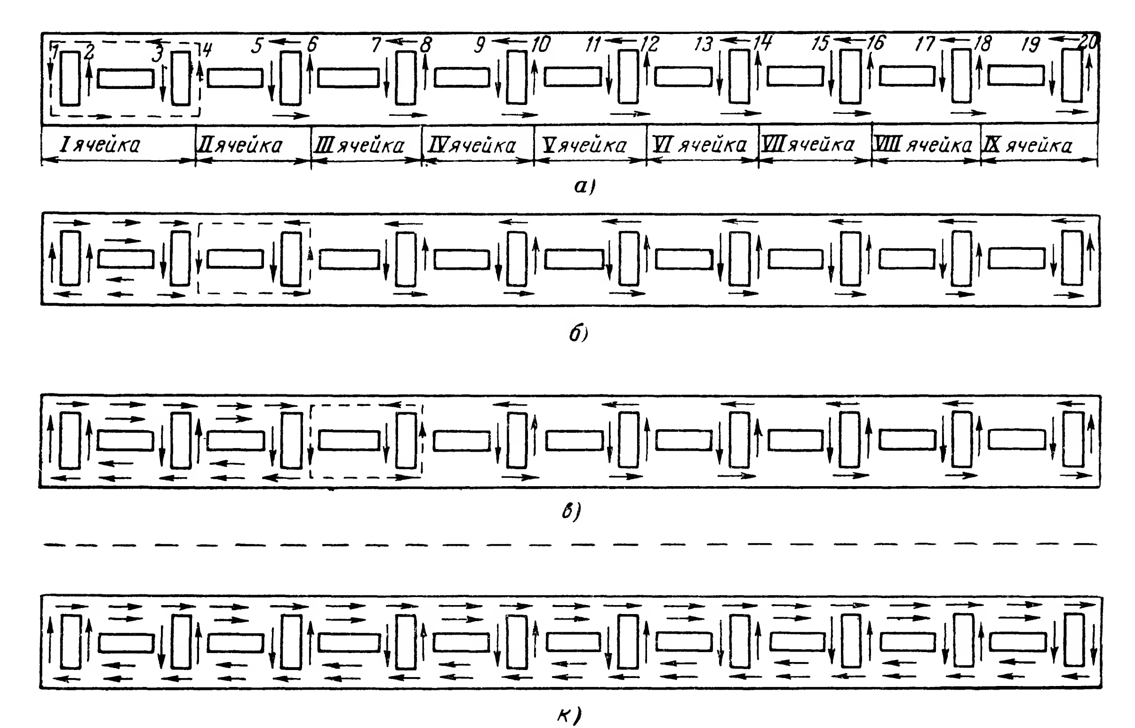
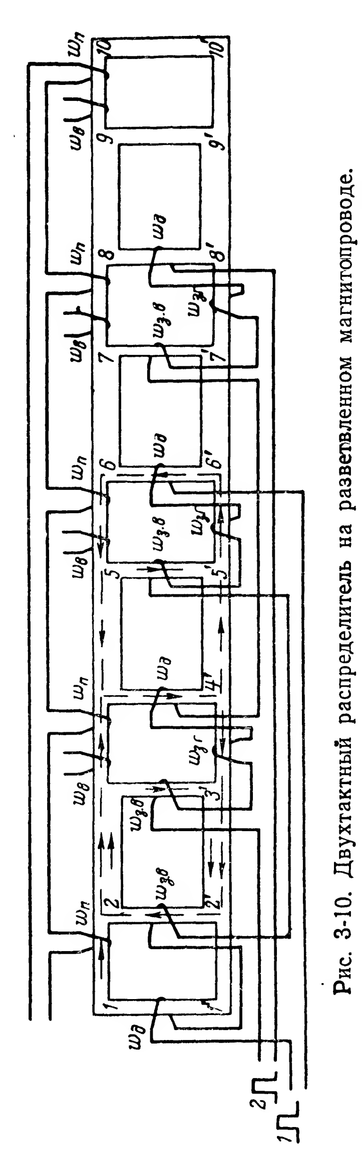


Рис. 3-9. Процесс перемагничивания распределителя на разветвленном магнитопроводе.

ром). Рисунок 3-9,*в* иллюстрирует перемагничивание второй ячейки и подготовку третьей и т. д. И, наконец, на рис. 3-9,*к* показано состояние намагниченности магнитопровода после перемагничивания последней ячейки. Для того чтобы цикл начался сначала, весь магнитопровод необходимо вернуть в положение, изображенное на рис. 3-9,*а*.


Рис. 3-10. Двухтактный распределитель на разветвленном магнитопроводе.

Осуществить представленный на рис. 3-9 процесс перемагничивания магнитопровода можно несколькими способами, различающимися количеством источников импульсов перемагничивания. Перемагничивание магнитопровода от однотактного источника (один генератор импульсов) невозможно. Действительно, если намотать обмотки вокруг горизонтальных перекладин вертикальных отверстий и соединить их последовательно, то перемагничиваться вокруг вертикальных отверстий будет весь магнитопровод одновременно. Поочередное перемагничивание ячеек можно получить при двухтактном и более источнике питания.

На рис. 3-10 представлен двухтактный распределитель, выполненный на разветвленном магнитопроводе, описанном выше. На перемычки магнитопровода намотаны обмотки движения $w_{\text{д}}$ и обмотки запрета $w_{\text{з}}$. Обмотки движения $w_{\text{д}}$ намотаны на вертикальных пере-

мычках, а обмотки запрета — и на вертикальных ($w_{з.в}$) и на горизонтальных ($w_{з.г}$). Вертикальные перемычки *1—1′* и *2—2′* и т. д. будем обозначать индексами *1, 2* и т. д., а обмотки на них $1w_д$, $2w_{з.в}$ и т. д. Горизонтальные перемычки обозначаются: *3—4*, *3′—4′*, *5—6*, *5′—6′*, ..., а обмотки на них — (*3′—4′*) $w_{з.г}$, (*5′—6′*) $w_{з.г}$ и т. д. Обмотки движения и запрета соединены последовательно и образуют две цепи: одну для нечетных ячеек, другую для четных. На каждую из цепей подаются поочередно импульсы. Обмотки движения $w_д$ и обмотки запрета $w_{з.г}$ намотаны согласно. По отношению к ним обмотки $w_{з.в}$ намотаны встречно. Первоначальное состояние намагниченности перемычек (рис. 3-9,*а*) создается обмотками $w_п$. Съем импульсов, возникающих при перемагничивании ячеек, осуществляется выходными обмотками $w_в$.

Первый нечетный тактовый импульс движения поступает на обмотки движения и запрета нечетных ячеек. Так как первоначально подготовленной была только ячейка *I*, то перемагничивается лишь она одна. Ячейка *III* не подготовлена, так как магнитные силовые линии в перемычках *6* и *8* направлены навстречу друг другу (рис. 3-9,*а*), и она не перемагничивается. Вследствие того, что перемагничивание магнитопроводов с прямоугольной петлей гистерезиса происходит по кратчайшему контуру, в данном случае перемагничивается контур *1—4—1*, хотя подготовленными являлись также контуры с более длинным путем обхода магнитных силовых линий (*1—6—1*, *1—8—1* и *1—10—1*). Чтобы ячейка *I* не перемагнитилась по контуру *1—2—1*, на перемычке *2* намотана обмотка запрета $w_{з.в}$, которая создает магнитный поток, направленный навстречу потоку, создаваемому обмоткой $1w_д$.

Ниже будет описано назначение обмотки запрета (*5′—6′*) $w_{з.г}$. Сейчас она может вызвать перемагничивание контура *5′—8′—8—5—5′*. Во избежание этого на перемычке *5* намотана обмотка запрета $5w_{з.в}$, которая создает магнитный поток, препятствующий этому перемагничиванию.

В результате перемагничивания ячейки *I* магнитные силовые линии в перемычке *4* изменяют свое направление и ячейка *II* оказывается подготовленной (контур *4—6—4*), тогда как ячейка *IV*, как это следует из

рис. 3-9, не подготовлена, так как магнитные силовые линии в перемычках *8* и *10* направлены встречно. Поэтому первый четный импульс движения, поступающий на обмотки движения и запрета четных ячеек, перемагнитит только ячейку *II* по контуру *4—6—6′—4′*—4. Чтобы не произошло обратного перемагничивания первой ячейки (по контуру *4—1—1′—4′—4*), намотана обмотка (*3′—4′*) $w_{з\,г}$, препятствующая этому перемагничиванию. Для предотвращения перемагничивания контура *7—10—7* обмоткой (*7′—8′*) $w_{з.г}$ встречно намотана обмотка $7w_{з.в}$.

После перемагничивания ячейки *II* изменяется состояние намагниченности в перемычке *6*, и ячейка *III* оказывается подготовленной. Второй нечетный импульс движения, приходящий на нечетные ячейки (обмотку $6w_{д}$), перемагнитит ячейку *III* по контуру *6—8—8′—6′—6*. Для того чтобы не произошло обратного перемагничивания *II* ячейки (по контуру *6—4—4′—6′—6*), предусмотрена обмотка (*5′—6′*) $w_{з.г}$.

Перемагничивание ячейки *III* приведет к подготовке ячейки *IV*, которая в свою очередь будет перемагничена вторым четным импульсом движения, приходящим на обмотки движения четных ячеек. При этом обмотка (*7′—8′*) $w_{з.г}$ предотвращает перемагничивание по контуру *8—6—6′—8′—8*.

Как ясно из изложенного, обмотки запрета $w_{з.г}$ запрещают распространение информации в обратном направлении обмотками движения $w_{д}$, а обмотки запрета $w_{з.в}$ запрещают преждевременное распространение информации в направлении перемагничивания обмотками $w_{з.г}$.

Отсутствие диодов в распределителе с разветвленным магнитопроводом знаменует дальнейший шаг в увеличении надежности магнитных распределителей.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВЫХОДНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

4-1. БЕСКОНТАКТНОЕ МАГНИТНОЕ РЕЛЕ С КОНДЕНСАТОРОМ

Магнитное реле (рис. 4-1,*а*) является своеобразным ключом с самоблокировкой, который в зависимости от своего состояния позволяет подвести к нагрузке (в данном варианте схемы к исполнительному реле) либо боль-

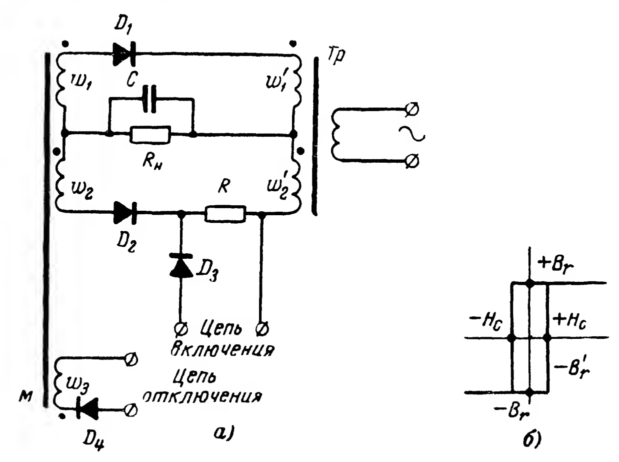


Рис. 4-1. Магнитное реле с конденсатором.

шую мощность от сети переменного тока, либо совсем незначительную. Предположим, сердечник имеет положительную остаточную магнитную индукцию $+B_r$ (рис. 4-1,*б*). На обмотку w_1 сердечника и нагрузку $R_н$ и C (рис. 4-1,*а*) подается отрицательная полуволна сину-

соидального напряжения (минус на начало w_1) с амплитудой U_{m1} такой величины, чтобы при перемагничивании сердечника величина его индукции в течение этого полупериода изменилась до $-B_r$ или $-B'_r$. В процессе перемагничивания индуктивность сердечника очень велика, вследствие чего почти все подаваемое напряжение будет падать на обмотку w_1, а напряжение на конденсаторе и сопротивлении нагрузки будет незначительным.

Следующая положительная полуволна синусоидального напряжения с амплитудным значением U_{m2} подается на обмотку w_2 сердечника и нагрузку $R_н$ и C, причем $U_{m2} < U_{m1}$, так, чтобы при перемагничивании сердечника в состояние $+B_r$ напряжение на нагрузке было вновь мало.

Если же в течение положительной полуволны сердечнику не дать возможности перемагнититься, так чтобы величина индукции его осталась равной $-B_r$ или $-B'_r$, то при последующем поступлении отрицательной полуволны на обмотку w_1 в цепочку $R_нC$ переход сердечника, например, из состояния $-B'_r$ в состояние $-B_r$ произойдет за малую часть полупериода. Изменение индукции может наблюдаться в течение еще меньшего времени, если сердечник начнет переход из стояния $-B_r$ по горизонтальной ветви кривой намагничивания, при этом изменение индукции будет определяться лишь степенью непрямоугольности петли гистерезиса. Поэтому в полупериод, начиная с момента окончания изменения магнитной индукции сердечника, большая часть подводимого напряжения будет выделяться на нагрузке, что вызовет заряд конденсатора C до напряжения U_{m1}.

Постоянная времени цепочки $R_нC$ выбирается приблизительно равной времени двух полупериодов синусоидального напряжения, благодаря чему во время положительного полупериода напряжение на конденсаторе C будет больше напряжения, подаваемого на обмотку w_2 и цепочку $R_нC$, поэтому диод $Д_2$ окажется запертым и индукция сердечника останется равной $-B_r$. В следующий отрицательный полупериод конденсатор C вновь зарядится до напряжения U_{m1}, которое вновь запрет диод $Д_2$ в положительный полупериод.

Изменение индукции сердечника по отрицательной горизонтальной ветви гистерезиса является рабочим режимом магнитного реле, при котором сердечник практи-

чески не перемагничивается, что позволяет из-за малого сопротивления обмотки w_1 выделить на нагрузке значительную мощность. Магнитное реле может находиться в рабочем режиме сколь угодно долго.

Перевод или возврат магнитного реле в холостой режим, при котором от подачи на обмотки w_1 и w_2 полуволн синусоидального напряжения происходит полное (или почти полное) перемагничивание сердечника от $-B_r$ до $+B_r$ и обратно (мощность на нагрузке не выделяется), осуществляется предварительным изменением индукции сердечника от $-B_r$ до $+B_r$ при помощи обмотки w_3, по которой происходит управление. Так как сердечник оказался в состоянии $+B_r$, то под действием отрицательной полуволны напряжения по обмотке w_1 сердечник будет перемагничиваться в состояние $-B_r$. В связи с этим ток в цепи будет мал и почти все напряжение, подаваемое с обмотки w_1 трансформатора, выделится на индуктивном сопротивлении обмотки w_1 сердечника, т. е. конденсатор C заряжаться не будет, а будет разряжаться и к концу отрицательной полуволны разрядится почти до нуля. Поэтому во время следующей положительной полуволны диод $Д_2$ не будет заперт и сердечник сможет по обмотке w_2 перемагнититься вновь в состояние $+B_r$ и т. д., т. е. магнитное реле будет выключено.

Рассмотрим процесс управления магнитным реле Как уже говорилось, для включения магнитного реле необходимо в течение положительной полуволны синусоиды питания (плюс на началах обмоток w'_1 и w'_2) не дать возможности сердечнику перемагнититься, так чтобы величина индукции его осталась равной $-B_r$ или $-B'_r$. Одним из способов достижения этого является подача управляющего напряжения на сопротивление R в фазе с положительной полуволной синусоиды питания, причем величина этого напряжения должна быть больше величины напряжения, снимаемого с обмотки w'_2 трансформатора. При этом диод $Д_2$ окажется запертым для протекания тока по цепи $нw'_2$—$R_н$—$нw_2$—kw_2—$Д_2$—R—kw'_2, в результате чего сердечник перемагничиваться не будет и величина его индукции останется равной. $-B_r$ или $-B'_r$. Следует учесть, что форма управляющего импульса должна быть такой, чтобы в течение всей положительной полуволны диод $Д_2$ был заперт.

Для отключения магнитного реле предусмотрена обмотка w_3. При подаче управляющего импульса на обмотку w_3 во время положительной полуволны синусоидального напряжения питания сердечник перемагнитится из состояния $-B_r$ в состояние $+B_r$, что приведет к выключению магнитное реле. На форму импульса управляющего напряжения особых ограничений не накладывается, однако его вольт-секундная площадь должна быть достаточна для полного перемагничивания сердечника.

В этом магнитном реле в отличие от других релейный эффект достигается не за счет обратной связи, а при помощи конденсатора, который, запирая диод, блокирует реле во включенном состоянии. Сердечник выполняется из пермаллоя 50НП.

Расчет магнитного реле с конденсатором. Для расчета зададимся напряжением $U_{вых}$ на сопротивлении $R_н$ нагрузки и значением самого сопротивления $R_н$.

Введем обозначения:

$CR_н = \tau$ — постоянная времени цепочки, *мсек*;

R_1 — активное сопротивление рабочей обмотки w_1, *ом*;

R_2 — активное сопротивление обмотки подготовки w_2, *ом*;

w_1 и w_2 — числа витков рабочей обмотки и обмотки подготовки соответственно;

$I_{пер1}$ — ток, протекающий через обмотку w_1 магнитного элемента при его перемагничивании, *а*;

$I_{пер2}$ — ток, протекающий через обмотку w_2 магнитного элемента при его перемагничивании, *а*;

$t_{пер1}$, $t_{пер2}$ — время перемагничивания соответственно по обмоткам w_1 и w_2, *мсек*;

U_{m1} и U_{m2} — амплитуды напряжений, приложенных к рабочей и подготавливающей цепи сердечника, *в*;

H_c — коэрцитивная сила, *а/м*;

l — длина средней линии магнитопровода, *м*;

S — сечение сердечника, *м*^{2};

B_r — остаточная индукция, *тл*.

Так как для магнитного реле используется определенный материал, то H_c и B_r считаются заданными.

Для того чтобы при включенном магнитном реле почти вся мощность выделялась на сопротивлении нагрузки $R_н$, необходимо, чтобы $R_1 \ll R_н$. Тогда конденсатор C будет заряжаться до U_{m1}, и, поскольку $U_{вых}$ задано, можно найти значение U_{m1}.

Рассмотрим различные режимы работы магнитного реле.

1. Магнитное реле «выключено», т. е. мощность, выделяемая на $R_н$, должна быть близка к нулю.

а) Во время рабочего полупериода, т. е. когда на обмотке w'_1 питающего трансформатора (рис. 4-2) имеется отрицательная полуволна синусоиды, индукция магнитного элемента меняется от $+B_r$ до $-B_r$; сердечник перемагничивается. При перемагничивании сердечника справедливо уравнение

$$U_{m1} \sin \omega t = R_1 I_{пер_1} + w_1 s \frac{dB}{dt} + u_C, \quad (4\text{-}1)$$

где u_C — напряжение на конденсаторе C.

Для нормальной работы магнитного реле в режиме «выключено» необходимо, чтобы в рабочую полуволну магнитный элемент перемагничивался в течение всего полупериода, тогда реактивное сопротивление обмотки w_1 намного превосходит $R_н$ и напряжение u_C мало по сравнению с напряжением на реактивном сопротивлении обмотки w_1. Омическое сопротивление обмотки w_1 тоже достаточно мало, так что в выражении (4-1) членами $R_1 I_{пер}$ и u_C можно пренебречь.

Тогда

$$U_{m_1} \sin \omega t = w_1 S \frac{dB}{dt},$$

и, так как $H_m \gg H_c$,

$$\int_0^{t_{пер1}} U_{m_1} \sin \omega t = w_1 S \int_0^{t_{пер1}} dB;$$

$$\frac{U_{m1}}{\omega} (-\cos \omega t) \Big|_0^{t_{пер1}} = S w_1 B \Big|_0^{t_{пер1}}.$$

При полном перемагничивании сердечника (от $+B_r$ до $-B_r$)

$$U_{m_1}=\frac{w_1 S\omega\cdot 2B_r}{1-\cos\omega t_{\text{пер}1}}. \qquad (4\text{-}2)$$

Из этого уравнения можно определить число витков в рабочей обмотке

$$w_1=\frac{U_{m1}(1-\cos\omega t_{\text{пер}1})}{2B_r S\omega}\cdot 10^{12}. \qquad (4\text{-}3)$$

Как указано выше, для нормальной работы магнитного реле в режиме «выключено» в рабочий полупериод должно выполняться условие

$$t_{\text{пер}1}=\frac{T}{2}=\frac{1}{2f},$$

где f — частота питающего напряжения. Следует учесть также, что для устойчивой работы магнитного реле при изменении питающего напряжения на $\pm 10\%$ необходимо, чтобы величина индукции к концу рабочего полупериода принимала значение $-0{,}8\,B_r$ (полное изменение индукции за полупериод $B_r+0{,}8B_r=1{,}8B_r$). Тогда формула (4-3) принимает вид:

$$w_1=\frac{U_{m1}(1-\cos\omega t_{\text{пер}1})}{1{,}8B_r S\omega}=\frac{U_{m1}}{0{,}9B_r S\omega}. \qquad (4\text{-}3а)$$

б) Во время подготавливающего полупериода, т. е. когда на обмотке w'_2 питающего трансформатора имеется положительная полуволна синусоиды, индукция магнитного элемента изменяется от $-B_r$ до $+B_r$.

Для перемагничивания сердечника во время этого полупериода справедливо уравнение

$$U_{m_2}\sin\omega t=RI_{\text{пер}_2}+R_2 I_{\text{пер}_2}+Sw_2\frac{dB}{dt}+u_C.$$

Величинами u_C и $R_2 I_{\text{пер}2}$ можно пренебречь вследствие их малости, тогда, подставляя значения $I_{\text{пер}2}$, получим:

$$U_{m_2}\sin\omega t=\frac{RH_c l}{0{,}1w_2}+Sw_2\frac{dB}{dt}.$$

Интегрируя от 0 до $t_{пер_2}$, найдем:

$$\frac{U_{m2}}{\omega}(1-\cos\omega t_{пер_2})=\frac{RH_c l}{0,1w_2}t_{пер_2}+Sw_2B\Bigg|_0^{t_{пер2}}. \quad (4\text{-}4)$$

Найдем минимум U_{m_2} в зависимости от w_2:

$$\frac{dU_{m2}}{dw_2}=0;$$

$$\frac{RH_c l}{0,1w_2^2}t_{пер_2}=SB\Bigg|_0^{t_{пер2}}. \quad (4\text{-}5)$$

Для нормальной работы магнитного реле в выключенном режиме и с учетом изменения питающего напряжения на +10—15% выбираем:

$$t_{пер_2}=0,7\frac{T}{2}=0,7\frac{1}{2f},$$

где f — частота питающего напряжения. За время $t_{пер2}$ индукция должна изменяться на $1,8\,B_r$ (так как за рабочий полупериод индукция изменилась до $-0,8\,B_r$). Учитывая это, из (4-5) получим выражение для числа витков обмотки w_2:

$$w_2=\sqrt{\frac{RH_c l t_{пер2}}{10^{-1}S\cdot 1,8B_r}}. \quad (4\text{-}6)$$

Сопротивление R служит для ограничения тока в цепи подготавливающей обмотки и тем самым для обеспечения нужного времени перемагничивания магнитного элемента по этой цепи и, кроме того, по сопротивлению R осуществляется управление магнитным реле. Сопротивление R должно быть достаточно большим, чтобы не нагружать управляющую цепь, и вместе с тем его величина выбирается так, чтобы w_2 было меньше w_1 примерно в 2—3 раза.

По найденному значению w_2 из (4-4) можно найти U_{m_2}, учитывая, что $t_{шер_2}=0{,}7\frac{1}{2f}$:

$$U_{m_2}\cdot\frac{1,58}{\omega}=0{,}7\,\frac{RH_c l\pi}{\omega w_2 0,1}+Sw_2\cdot 1{,}8B_r;$$

$$U_{m_2}=\frac{\omega}{1,58}\left(0{,}7\,\frac{RH_c l\pi}{\omega w_2\cdot 0,1}+Sw_2\cdot 1{,}8B_r\right). \qquad (4\text{-}7)$$

2. Рассмотрим работу реле в режиме «включено», т. е. когда мощность, выделяемая на нагрузке, максимальна. Включить магнитное реле — значит не дать магнитному элементу перемагнититься во время подготавливающего полупериода, т. е. оставить его индукцию равной — $0{,}8B_r$.

Рис. 4-2. Эквивалентная схема магнитного реле во включенном состоянии в рабочий полупериод.

Рассмотрим рабочий полупериод при включенном реле. Индукция магнитного элемента может меняться только от $-0{,}8B_r$ до $-B_r$ за некоторое время $t_{пер3}$, которое можно найти из формулы (4-2), заменив в ней $2B_r$ на $0{,}2B_r$ и $t_{пер1}$ — на $t_{пер3}$:

$$1-\cos\omega t_{пер3}=\frac{w_1 S\omega\cdot 0,2B_r}{U_{m1}}\cdot 10^{-8}. \qquad (4\text{-}8)$$

Подставляя в (4-8) значение U_{m_1} из (4-3а), получим:

$$1-\cos\omega t_{пер3}=\frac{w_1 S\omega\cdot 0,2B_r}{0,9S\omega w_1 B_r}=0{,}22; \qquad (4\text{-}9)$$

$$t_{пер3}=\frac{1}{\omega}\arccos 0{,}78.$$

Остальную часть полупериода обмотка сердечника w_1 представляет собой только активное сопротивление R_1, при этом справедлива эквивалентная схема на рис. 4-2. Тогда

$$U_{m_1}\sin(t_{пер3}+t)\,\omega=iR_1+u_C;$$

$$i=i_C+i_{R_н};\;\; i_C=C\frac{du_C}{dt};$$

$$U_{m1}\sin\omega(t_{\text{перз}}+t)=(i_C+i_{R_\text{н}})R_1+u_C=$$

$$=R_1C\frac{du_C}{dt}+\frac{R_1}{R_\text{н}}u_C+u_C;$$

$$R_1C\frac{du_C}{dt}+\frac{R_1+R_\text{н}}{R_\text{н}}u_C=U_{m1}\sin\omega(t_{\text{перз}}+t).$$

Решив это уравнение, найдем:

$$u'_C=\frac{U_{m1}R_\text{н}}{R_1+R_\text{н}}\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{C\omega R_\text{н}R_1}{R_\text{н}+R_1}\right)^2+1}}\times$$

$$\times\sin\left[\omega(t_{\text{перз}}+t)+\arccos\frac{C\omega R_\text{н}R_1}{R_\text{н}+R_1}\right]\Bigg|_0^{t_{\text{отс}1}}+$$

$$+ae^{\frac{R_\text{н}+R_1}{R_\text{н}+R_1C}t},$$

где $t_{\text{отс}_1}$ — время отсечки (т. е. диод $Д_1$ заперт).

Постоянная интегрирования a находится из условия $u_C(0)=0$, тогда, вводя обозначения

$$\tau_1=\frac{CR_\text{н}R_1}{R_\text{н}+R_1}\quad \operatorname{arctg}\omega\tau_1=f,$$

имеем уравнение

$$u'_C=\frac{U_{m1}R_\text{н}}{R_\text{н}+R_1}\frac{1}{\sqrt{(\omega\tau_1)^2+1}}\Big\{\sin[\omega(t_{\text{перз}}+t)+$$

$$+f]+\sin(f-\omega t_{\text{пер}_1})e^{\frac{-t}{\tau_1}}\Big\}\Bigg|_0^{t_{\text{отс}1}}, \qquad (4\text{-}10)$$

причем для $t_{\text{отс}_1}$ имеем уравнение

$$u'_C=U_{m1}\sin(\omega t_{\text{отс}_1}+\omega t_{\text{перз}}). \qquad (4\text{-}11)$$

Решая графически уравнения (4-11) и (4-10), можно найти $t_{\text{отс}1}$ и U'_C — напряжение на конденсаторе в первую полуволну после включения. Поэтому, чтобы реле

не выключалось в следующий подготавливающий полупериод, необходимо, чтобы

$$u'_C e^{-\frac{0,75T - t_{\text{отс1}} - t_{\text{пер3}}}{\tau}} \geqslant U_{m2}. \qquad (4\text{-}11а)$$

Подставляя в (4-11) значение u'_C из (4-10)

$$U_{m_1} \sin(\omega t_{\text{отс}_1} + \omega t_{\text{пер}_1})\, e^{-\frac{t_{\text{отс1}}}{\tau}} \geqslant U_{m_2}$$

и имея в виду, что

$$0 \leqslant \sin(\omega t_{\text{отс}_1} + \omega t_{\text{пер}_3}) \leqslant 1;$$

$$\left(0,25T - \frac{1}{\omega}\arccos 0,78\right) < t_{\text{отс}_1} <$$

$$< \left(\frac{T}{2} - \frac{1}{\omega}\arccos 0,78\right),$$

получим следующее выражение:

$$U_{m_1} e^{-\frac{0,5T}{\tau}} \geqslant U_{m_2},$$

отсюда

$$\tau \geqslant \frac{0,5T}{\ln\frac{U_{m1}}{U_{m2}}}. \qquad (4\text{-}11б)$$

3. Рассмотрим теперь выключение магнитного реле. Для выключения магнитного реле необходимо по управляющей обмотке w_3 перемагнитить сердечник до значения $+B_r$ (причем управляющий импульс должен совпадать по времени с подготавливающей полуволной).

Выясним, будет ли это выключение устойчивым (рис. 4-3). Во время рабочего полупериода ток перемагничивания будет протекать лишь от момента $t_{\text{отс2}}$ до $t_{\text{отс3}}$, найденных из уравнений:

$$U_{m_1} \sin \omega t_{\text{отс}_2} \geqslant U_{m_1} e^{-\frac{t_{\text{отс2}}}{\tau}};$$

$$U_{m_1} \sin \omega t_{\text{отс}_3} < U_{m_1} e^{-\frac{t_{\text{отс3}}}{\tau}}$$

при $t_{\text{отс}_2} < t_{\text{отс}_3}$.

Для простоты рассуждений будем считать:

$$t_{\text{отс}_2}=\frac{T}{2}-t_{\text{отс}_3}=t_{\text{отс}_4}.$$

Величина $t_{\text{отс}_4}$ находится из условия

$$U_{m_1}e^{-\frac{T}{\tau}}=\frac{1}{n_1}U_{m_1}, \qquad (4\text{-}12)$$

где

$$\frac{1}{n_1}=\sin \omega t_{\text{отс}_4}.$$

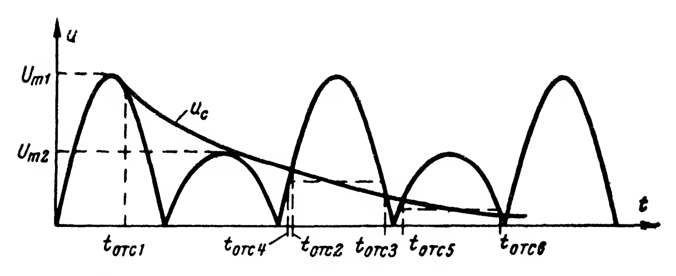


Рис. 4-3. Эпюра напряжений на конденсаторе.

Найдем, до какой величины индукции перемагнитится при этом сердечник

$$U_{m_1}\sin \omega t=w_1 S\frac{dB}{dt}+U_{m_1}\frac{1}{n_1}.$$

Интегрируем от $t_{\text{отс}_2}$ до $t_{\text{отс}_3}$:

$$\frac{U_{m1}}{\omega}\left[2\cos \omega t_{\text{отс}_2}-\frac{1}{n_1}(t_{\text{отс}_3}-t_{\text{отс}_4})\right]=w_1 SB\Big|_{t_{\text{отс}2}}^{t_{\text{отс}3}}.$$

Обозначим:

$$B\Big|_{t_{\text{отс}2}}^{t_{\text{отс}3}}=B_{\text{отс}_1}.$$

Тогда, подставляя значение U_{m_1} из (4-3а), получаем:

$$B_{\text{отс}_1}=\frac{9B_r}{10}\left[2\cos\omega t_{\text{отс}_2}-\frac{\frac{T}{2}-2t_{\text{отс}2}}{n_1}\right]. \qquad (4\text{-}13)$$

К подготавливающему полупериоду имеем:

$$U_{m_1}e^{-\frac{3T}{2\tau}}=\frac{1}{n_2}U_{m_2}, \qquad (4\text{-}14)$$

где $\frac{1}{n_2}=\sin\omega t_{\text{отс}_5}$.

Для простоты рассуждения пренебрежем падением напряжения на сопротивлении R и R_2 во время перемагничивания сердечника в подготавливающий полупериод. Тогда

$$U_{m_2}\sin\omega t=w_2S\frac{dB}{dt}+\frac{1}{n_2}U_{m_2}.$$

Проинтегрировав это уравнение в пределах от $t_{\text{отс}_5}$ до $t_{\text{отс}_6}$, где $t_{\text{отс}_5}=\frac{T}{2}-t_{\text{отс}_6}$, а $t_{\text{отс}_6}$ находится из уравнения $\frac{1}{n_2}U_{m_2}=U_{m_2}\sin\omega t_{\text{отс}_6}$, получим уравнение

$$\frac{U_{m2}}{\omega}\left[2\cos\omega t_{\text{отс}_5}-\frac{\frac{T}{2}-2t_{\text{отс}5}}{n_2}\right]=w_2B\Bigg|_{t_{\text{отс}5}}^{\frac{T}{2}-t_{\text{отс}5}}. \qquad (4\text{-}15)$$

Подставим U_{m_2} из (4-7) и, пренебрегая членом, содержащим R, получим:

$$B\Bigg|_{t_{\text{отс}5}}^{\frac{T}{2}-t_{\text{отс}5}}=\frac{1{,}8B_r}{1{,}58}\left[2\cos\omega t_{\text{отс}_5}-\frac{\frac{T}{2}-2t_{\text{отс}5}}{n_2}\right]. \qquad (4\text{-}16)$$

Заменив в формулах (4-13) и (4-16) $t_{\text{отс}_2}$ и $t_{\text{отс}_5}$ на их значения из (4-12) и (4-14), найдем:

$$B_{\text{отс}_1} = 0{,}9B_r \left[2\sqrt{1 - \frac{1}{n_1^2}} - \frac{\frac{T}{2} - \frac{2}{\omega}\arcsin\frac{1}{n_1}}{n_1} \right];$$

$$B \Bigg|_{t_{\text{отс}5}}^{\frac{T}{2} - t_{\text{отс}5}} = 1{,}14B_r \left[2\sqrt{1 - \frac{1}{n_2^2}} - \right.$$

$$\left. - \frac{\frac{T}{2} - \frac{2}{\omega}\arcsin\frac{1}{n_2}}{n_2} \right].$$

Для устойчивого выключения магнитного реле достаточно, чтобы

$$B \Bigg|_{t_{\text{отс}5}}^{\frac{T}{2} - t_{\text{отс}5}} \geqslant B_{\text{отс}_1}$$

или

$$1{,}26 \left[2\sqrt{1 - \frac{1}{n_2^2}} - \frac{\frac{T}{2} - \frac{2}{\omega}\arcsin\frac{1}{n_2}}{n_2} \right] \geqslant$$

$$\geqslant 2\sqrt{1 - \frac{1}{n_1^2}} - \frac{\frac{T}{2} - \frac{2}{\omega}\arcsin\frac{1}{n_1}}{n_1}.$$

Это неравенство удовлетворяется при $n_2 \geqslant n_1$. Заменив n_1 и n_2 их значениями из (4-12) и (4-14), получим:

$$\frac{U_{m2}}{U_{m1}} e^{\frac{3T}{2\tau}} > e^{\frac{T}{\tau}}$$

или

$$\ln\frac{U_{m2}}{U_{m1}} + \frac{3T}{2\tau} \geqslant \frac{T}{\tau},$$

откуда

$$\tau \leqslant \frac{1}{2 \ln \frac{U_{m1}}{U_{m2}}}.$$

Таким образом, для устойчивого включения магнитного реле

$$\tau \leqslant \frac{T}{2} \frac{1}{\ln \frac{U_{m1}}{U_{m2}}}. \qquad (4\text{-}17)$$

Сравнивая (4-17) и (4-11), находим:

$$\tau = \frac{T}{2} \frac{1}{\ln \frac{U_{m1}}{U_{m2}}}. \qquad (4\text{-}18)$$

Следует заметить, что хотя и получилось совпадение верхней и нижней границы для τ, однако в действительности τ лежит в некоторой области $A \leqslant \tau \leqslant B$.

Размеры сердечника определяются из следующих соображений. Подготавливающая и управляющая обмотки содержат суммарное число витков не более 1,5 w_1, тогда суммарное число витков магнитного элемента

$$w = w_1 + 1{,}5w_1 = 2{,}5w_1 = \alpha \frac{D^2}{d^2},$$

где α — коэффициент заполнения 0,2—0,5;

D — внутренний диаметр магнитного элемента;

d — диаметр провода, который определяется по величине тока, протекающего при включенном магнитном реле $d = 0{,}8\sqrt{I}$.

Зная D и считая S заданным, можно найти l.

Пример расчета магнитного реле.

Задано: $R_н = 500$ *ом*, $H_c = 15{,}9$ *а/м*, $S = 10^{-4}$ *м*², $B_r = 1{,}45$ *тл*, постоянная составляющая $U_н = 24$ *в*, частота питающего напряжения $f = 50$ *гц*.

1) Определяем U_{m1}.

При однополупериодном выпрямлении $U_{вых} = U_{m1}/\pi$;

$$U_{m1} = \pi U_{вых} = 3{,}14 \cdot 24 = 75 \text{ в}.$$

2. Определяем w_1 по формуле (4-3а):

$$w_1 = \frac{U_{m1}}{S \cdot 0{,}90 \omega B_r} = \frac{75}{1 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}95 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 1{,}45} = 1\,800 \text{ витков}.$$

3. Определяем размер магнитного элемента:

$$2{,}5w_1 = \alpha \frac{D^2}{d^2}.$$

Выбираем коэффициент заполнения $\alpha=0{,}4$. Для обмотки w_1 диаметр провода $d=0{,}8\sqrt{I}$, где I — ток, протекающий по обмотке при включенном реле:

$$I=\frac{U_{m1}}{\sqrt{2}R_н}=\frac{75}{1{,}4\cdot500}=0{,}1\ a.$$

Следовательно,

$$d = 0{,}8\sqrt{0{,}1} = 0{,}25\ мм;$$

$$D=d\sqrt{\frac{2{,}5w_1}{\alpha}}=0{,}25\sqrt{\frac{2{,}5\cdot1\,800}{0{,}4}}=26{,}6\ мм$$

Принимаем $D=26$ *мм*. Считая сечение сердечника квадратным при $h=10$ *мм*, имеем $D_{вн}=46$ *мм*, $D_{ср}=36$ *мм*.

4. Находим w_2 по формуле (4-6):

$$w_2=\sqrt{\frac{RH_c l t_{пер2}}{10^{-1}S\cdot1{,}8B_r}}.$$

Из соображений устойчивой работы реле выбираем:

$$t_{пер2}=0{,}7\frac{T}{2}=7\ мсек.$$

Сопротивление R, служащее для ограничения тока, выбираем равным 1 *ком*. Следовательно,

$$w_2=\sqrt{\frac{10^3\cdot15{,}9\cdot3{,}6\cdot10^{-3}\cdot0{,}007\cdot\pi}{0{,}1\cdot10^{-4}\cdot1{,}45}}=200\ \text{витков}.$$

5. Находим U_{m2} по формуле (4-7):

$$U_{m2}=\frac{\omega}{1{,}58}\left[0{,}7\frac{RH_c l\pi}{\omega w_2 0{,}1}+Sw_2\cdot1{,}8B_r\right]=$$

$$=\frac{314}{1{,}58}\left[0{,}7\frac{1\,000\cdot15{,}9\pi\cdot3{,}6\cdot10^{-3}\pi}{2\pi\cdot50\cdot200\cdot0{,}1}+\right.$$

$$\left.+1\cdot10^{-4}\cdot200\cdot1{,}8\cdot1{,}45\right]=20\ в.$$

6. Определяем величину емкости C:

$$\tau = R_{н}C = \frac{T}{2} \frac{1}{\ln \frac{U_{m1}}{U_{m2}}} = \frac{10}{\ln \frac{75}{20}} = 8 \ мсек;$$

$$C = \frac{\tau}{R_{н}} = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{500} = 16 \ мкф.$$

4-2. БЕСКОНТАКТНОЕ РЕЛЕ НА ТИРАТРОНАХ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

На рис. 4-4 представлена схема бесконтактного реле, использующего только один тиратрон. В этой схеме применен принцип потенциального управления тиратроном. Для создания предварительного положительного смещения на сетке применен делитель из сопротивлений R_1, R_2.

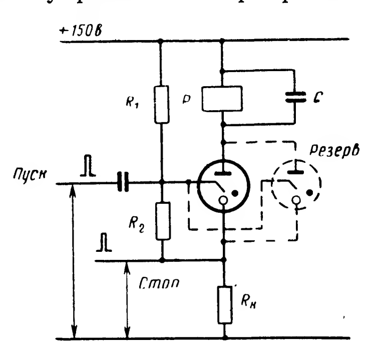


Рис. 4-4. Бесконтактное реле на тиратроне с различными цепями пуска и гашения.

Нагрузка (в данном случае в виде электромагнитного реле P, рассчитанного на 60 *в* и 5 000 *ом*) включается в анодную цепь. Зажигание осуществляется пусковым импульсом, приходящим на сетку, а гашение — импульсом на катодное сопротивление. Для того чтобы обеспечить гашение тиратрона при подаче импульса, параллельно реле присоединяется конденсатор (примерно 10 *мкф*). При подаче на сопротивление $R_{к}$ гасящего импульса с амплитудой $U > U_{Rк}$ происходит понижение напряжения на тиратроне на величину $U - U_{Rк}$ (напряжение на обмотке реле остается в этот момент неизменным из-за конденсатора C) и тиратрон гаснет.

Если схема используется в качестве исполнительного устройства во временных системах телеуправления, то гашение тиратрона осуществляется в течение каждого цикла с (n—1)-го элемента распределителя (например, № 3) контролируемого пункта (КП), а зажигание

командой только при ее подаче с *n*-го элемента распределителя (например № 4) пункта управления (ПУ) также в течение каждого цикла. Таким образом, пока поступает команда, тиратрон будет в течение каждого цикла сначала гаситься, а затем зажигаться. Во время

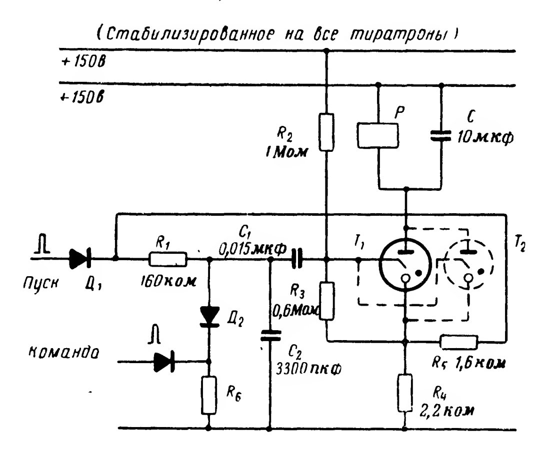


Рис. 4-5. Бесконтактные реле на тиратроне с общей цепью пуска и гашения.

перерыва, в течение которого тиратрон не горит (при использовании общей сети переменного тока для питания однотактных распределителей на ПУ и КП длительность этого перерыва равна 20 *мсек*), реле не отключается вследствие разряда на него конденсатора. Если поступление команды прекращается, то тиратрон будет погашен импульсом с КП, который поступает всегда независимо от прихода команды. Если при таком способе гашения реле включается в катодную цепь, то конденсатор за 20 *мсек* не успевает разрядиться и это затрудняет зажигание тиратрона.

Схема, представленная на рис. 4-4, так же как и последующая, будучи выполнена на тиратроне МТХ-90, обеспечивает надежную работу тиратрона в течение нескольких миллионов включений. Для повышения надежности параллельно основному тиратрону может быть присоединен резервный (пунктир на схеме). Из двух тиратронов гореть может только один, потенциал горения которого ниже. При выходе из строя рабочего тиратрона, автоматически включается резервный.

На рис. 4-5 представлена схема бесконтактного реле с тиратроном, которая может применяться в том случае, если гашение тиратрона по тем или иным причинам не может осуществляться так, как в предыдущей схеме. Реле также включается в анодную цепь. Пусковой импульс (во временных системах телемеханики это импульс с элемента распределителя) при отсутствии импульса команды гасит тиратрон, поступая на катодное сопротивление R_4; цепь зажигания тиратрона T_1 шунтирована диодом $Д_2$ и сопротивлением R_6. При подаче команды диод $Д_2$ запирается, и пусковой импульс заряжает емкость C_2, которая затем, после снятия пускового импульса, выделяющегося одновременно на сопротивлении R_4, разряжается на тиратрон T_1 и зажигает его (на сопротивление R_6 емкость разрядиться не может, так как длительность команды велика). Когда команда снимается, пусковой импульс гасит тиратрон и выключает реле.

ГЛАВА ПЯТАЯ

БЛОКИ И УЗЛЫ СИСТЕМ

5-1. ФОРМИРОВАТЕЛЬ ТАКТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

Использование в качестве тактовых импульсов непосредственно полуволн синусоидального напряжения связано с некоторыми неудобствами: 1) выходной импульс МЭППГ имеет вид, представленный на рис. 5-1 сплошной линией что затрудняет построение схем совпадения, для которых идеальным является импульс прямоугольной формы с той же площадью (рис. 5-1, пунктир); 2) синусоидальная форма тактового импульса приводит к различным по времени моментам начала перемагничивания МЭППГ (рис. 5-2), что опять-таки затрудняет построение схем совпадения.

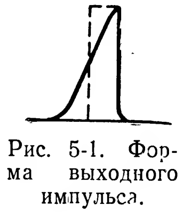


Рис. 5-1. Форма выходного импульса.

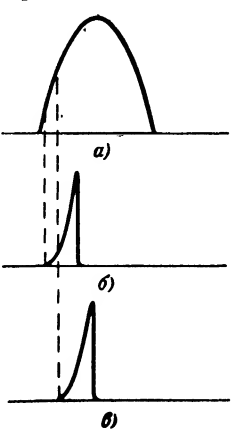


Рис. 5-2. Диаграмма перемагничивания сердечника в зависимости от нагрузки.

а — импульс питания; *б* — импульс с сердечника при малой нагрузке; *в* — импульс с сердечника при большой нагрузке.

Наиболее целесообразно поэтому применять тактовый

импульс прямоугольной формы или хотя бы с возможно более крутым передним фронтом. Простейшим формирователем таких импульсов является дроссель на МЭППГ, который преобразует синусоидальный тактовый импульс в форму, представленную на рис. 5-3

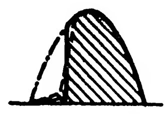


Рис. 5-3. Форма импульса на выходе дроссельного формирователя.

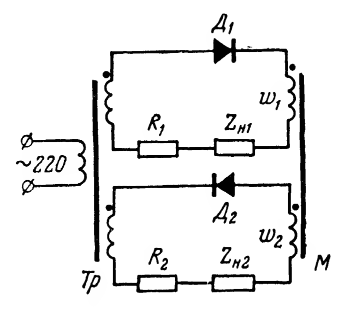


Рис. 5-4. Дроссельный формирователь.

сплошной линией. Дроссель, выполненный на МЭППГ (рис. 5-4), переводится поочередно обоими полупериодами синусоидального напряжения питания (по обмотке w_1 — положительной полуволной синусоиды питания, по обмотке w_2 — отрицательной) из состояния с положительной остаточной магнитной индукцией $+B_r$ в состояние $-B_r$ и наоборот. Пока длится перемагничивание, собственное сопротивление МЭППГ, определяемое его индуктивностью, велико по сравнению с сопротивлением нагрузки, и на нем выделяется практически все напряжение питания. По окончании перемагничивания сопротивление МЭППГ резко падает и напряжение на нагрузке скачком возрастает до напряжения питания и далее изменяется по синусодиальному закону (рис. 5-3, сплошная линия).

Приведем расчетные соотношения для дросселя. При перемагничивании сердечника токи, протекающие через нагрузки, определяются формулами:

$$I_1=\frac{H_c l}{0,1 w_1};\quad I_2=\frac{H_c l}{0,1 w_2},$$

где I_1 и I_2 — токи перемагничивания (в амперах), протекающие по цепям: D_1—w_1—$Z_{н1}$—R_1 и D_2—w_2—$Z_{н2}$—R_2 соответственно.

Время перемагничивания без учета падения напряжения на сопротивлениях R и $Z_н$ из-за их малости определяется (учитывая, что $H_m \gg H_c$):

$$t_{пер}=\frac{T}{2\pi}\arccos\left[1-\frac{2\pi}{T}\frac{w\cdot S\cdot 2B_r}{U_п}\right],$$

и амплитуда питания $U_п$ равна:

$$U_п=\frac{2\pi}{T}\frac{wS\cdot 2B_r}{1-\cos\frac{2\pi}{T}t_{пер}}.$$

Все приведенные соотношения относятся к ненагруженному режиму работы МЭППГ. Поэтому, чтобы цепь обмотки w_2 (или w_1) не представляла собой нагрузки для магнитного элемента в момент перемагничивания по обмотке w_1 или (w_2), т. е. чтобы перемагничивание элемента M не приводило бы к появлению в цепи обмотки w_2 (или w_1) тока от наводимой э. д. с., необходимо выполнять следующее соотношение:

$$\frac{w_1}{w_2}=\frac{U_{пw1}}{U_{пw2}}.$$

Сопротивления R_1 и R_2 служат для ограничения тока в цепи нагрузки. Вследствие индуктивного характера нагрузки передний фронт тактового импульса несколько искажается, однако имеет достаточно большую крутизну (рис. 5-3, пунктир).

Как видно из приведенных выше соотношений, очень легко получить начало тактового импульса в любой точке полуволны синусоидального напряжения, что дает возможность просто сдвигать тактовые импульсы с разных формирователей на время $0 \leqslant t \leqslant T/2$. Длительность тактового импульса также может легко меняться от $0{,}2T/2$ до $0{,}8T/2$, что позволяет получить тактовый импульс необходимой длительности.

В качестве формирователя тактовых импульсов можно использовать также дроссельно-трансформаторный формирователь. В этом формирователе после дросселя включается трансформатор, выполненный на лен-

точном сердечнике с ППГ для формирования заднего фронта импульса. Сердечники с ППГ для дросселя и трансформатора (рис. 5-5,*а*) выбираются одинаковых размеров. Однако число витков у обмотки дросселя больше, чем у первичной обмотки трансформатора, что при том же токе создает большую намагничивающую силу $Iw_д$ для дросселя, который вследствие этого начинает первым перемагничиваться из одного насыщенного состояния (например, от $-B_r$ до $+B_r$) в другое. При том же токе величина намагничивающей силы Iw_1 оказывается недостаточной для перемагничивания трансформатора, поэтому все подаваемое напряжение u в течение времени перемагничивания дросселя падает на активном сопротивлении обмотки дросселя $R_д$ ($u=e+iR_д$ уравновешивает возникающую э. д. с. при перемагничивании дросселя и падение напряжения на активном сопротивлении обмотки $w_д$). Сечение сердечника дросселя и число его витков подбираются так, чтобы необходимая для его перемагничивания вольт-секундная площадь была несколько меньше половины площади полупериода напряжения питания. После перемагничивания дросселя все напряжение источника питания оказывается приложенным к первичной обмотке трансформатора, сечение сердечника которого выбирается таким, чтобы для его перемагничивания хватило заштрихованной вольт-секундной площади (рис. 5-5,*б*). После перемагничивания трансформатора все напряжение питания оказывается приложенным к активному сопротивлению цепи, которое состоит из активного сопротивления обмоток R_0 и добавочного сопротивления R. Так как сопротивление R_0 значительно меньше R, то практически все напряжение падает на R. На сопротивлении нагрузки $R_н$ выделяется кратковременный импульс э. д. с. с крутыми передним и задним фронтами, который возникает при перемагничивании трансформатора; избыток энергии поглощается в первичной цепи.

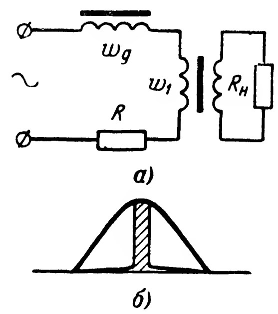


Рис. 5-5. Дроссельно-трансформаторный формирователь.

5-2. ВЫХОДНОЙ ЛИНЕЙНЫЙ БЛОК

Линейные блоки (ЛБ) применяются в качестве усилительных передающих элементов. На рис. 5-6 представлен линейный блок, с которого посылаются усиленные импульсы в линию. Вследствие этого магнитные элементы остальных блоков устройства могут иметь меньшие

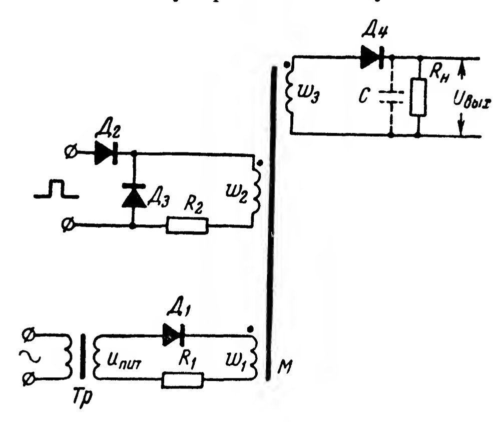


Рис. 5-6. Выходной линейный блок.

размеры и числа витков, так как их задача — лишь подготовить магнитный элемент линейного блока по обмотке w_2, считывание которого происходит от источника питания (по обмотке w_1).

Если в качестве линии связи используется специальная пара проводов, то на амплитуду и форму импульса, посылаемого в линию, практически не накладывается ограничений. Длительность импульса с точки зрения помехоустойчивости системы должна быть возможно большей. Во временны́х системах телемеханики максимальная длительность определяется частотой генератора, питающего распределитель. При использовании в системах телемеханики однотактного распределителя максимальная длительность импульса τ, посылаемого в линию связи, не может быть более $T/2$, где T — период следования тактовых импульсов (для частоты 50 *гц* $\tau \leqslant 10$ *мсек*).

Если в качестве линии связи используется свободная пара проводов в телефонном кабеле, то на амплитуду

и форму импульсов накладывается серьезное ограничение: помехи, создаваемые импульсами телемеханики в соседних парах, не должны мешать телефонному разговору.

Рассмотрим влияние импульсов прямоугольной и синусоидальной формы на величину помех, создаваемых этими импульсами в соседних парах. В системах телемеханики с временным разделением каналов наибольшая частота следования импульсов в линии связи определяется максимальным количеством импульсов сигнализации, так как импульсы команд подаются спорадически и только во время управления. Поэтому предельная частота импульсов в линии будет равна $1/T$, где T — период следования тактовых импульсов. Максимальная длительность была определена выше: она равна $T/2$. Разложение в ряд Фурье импульсов прямоугольной и синусоидальной формы длительностью $T/2$ амплитудами $A_п$ и $A_с$ соответственно и частотой следования $1/T$ (рис. 5-7) будет:

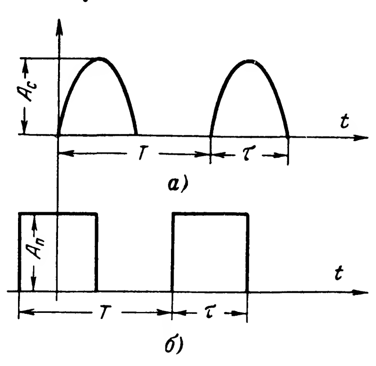


Рис. 5-7. Импульсы в линии связи.
а — синусоидальный; *б* — прямоугольный.

для прямоугольного импульса

$$A_п + \frac{2A_п}{\pi}\left(\cos\frac{2\pi}{T}t - \frac{1}{3}\cos 3\frac{2\pi}{T}t + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{5}\cos 5\frac{2\pi}{T}t - \frac{1}{7}\cos 7\frac{2\pi}{T}t + \dots\right),$$

для синусоидального импульса

$$\frac{A_с}{\pi} + \frac{A_с}{2}\sin\frac{2\pi}{T}t - \frac{2A_с}{\pi}\left(\frac{\cos 2\frac{2\pi}{T}t}{1\cdot 3} + \frac{\cos 4\frac{2\pi}{T}t}{3\cdot 5} + \dots\right).$$

По таблице коэффициентов относительного мешающего действия для напряжений различных частот по отношению

к мешающему действию напряжения с частотой в 800 *гц* переведем напряжение различных частот в разложениях в ряд Фурье прямоугольного и синусоидального импульсов к напряжению с частотой 800 *гц*. Получим: для прямоугольного импульса $\frac{2A_п}{\pi}\cdot 0{,}728$; для синусоидального импульса $\frac{2A_с}{\pi}\cdot 0{,}053$. Таким образом, мешающее действие прямоугольных импульсов оказывается в 13,7 раза более сильным, чем синусоидальных. Так как для междугородных воздушных линий помеха от соседних пар не должна превышать — 5,2 *неп*, то максимальное значение амплитуд прямоугольного и синусоидального импульсов будет: $A_п \leqslant 3{,}1$ *в*; $A_с \leqslant 42$ *в*. Поэтому в разрабатываемых нами системах ТУ—ТС импульс, посылаемый в линию связи, принят синусоидальной формы.

Выходной блок, выполненный на ленточных МЭППГ, представлен на рис. 5-6. Импульс, который необходимо послать в линию связи, подается для усиления и формирования на обмотку w_2 элемента M через диод $Д_2$ и сопротивление R_2. При этом элемент M переводится в состояние $+B_r$. В следующую полуволну синусоиды питания элемент M по обмотке w_1 переводится в состояние $-B_r$. При этом на выходной обмотке w_3 индуктируется э. д. с. и на нагрузке $R_н$ выделяется импульс синусоидальной формы с амплитудой $U_с$ и длительностью τ, для чего нагрузка и параметры МЭППГ соответственно выбираются; э. д. с. индукции наводится также и на обмотке w_2, и для того, чтобы ток от этой э. д. с. не попал в цепь управления, ставится шунтирующий диод $Д_3$, благодаря чему все напряжение выделяется на сопротивлении R_2. Как видно из вышеизложенного, импульс, выделяемый на нагрузке $R_н$, посылается в линию связи сдвинутым относительно первоначального на $T/2$.

Примерные расчетные соотношения по выбору элемента M приведены ниже.

Для $\tau = T/2$, где T — период следования тактовых импульсов и период синусоиды питания, имеем:

$$U_{вых} = U_с = \frac{\pi}{T} w_3 S \cdot 2B_r.$$

Амплитуда напряжения питания равна:

$$U_{\text{пит}} = U_{\text{с}} \left[1 + \frac{R_1}{\left(\frac{w_1}{w_2}\right)^2 R_2} + \frac{R_1}{\left(\frac{w_1}{w_3}\right)^2 R_{\text{н}}} \right] \frac{w_1}{w_3} + R_1 I_{\text{пер}}.$$

Расчетные соотношения по выбору параметров цепи записи (числа витков в обмотке w_2 и величины сопротивления R_2) см. в гл. 2.

В тех случаях, когда накладываются очень жесткие требования на форму сигнала в линии связи, применение описанной схемы становится невозможным, так как колебания величины напряжения питания приведут к искажению синусоидальной формы сигнала. На рис. 5-8,*а* приведен вид сигнала, посылаемого с обмотки w_3 элемента M (рис. 5-6) в линию связи при понижении напряжения питания. Появление сигнала помехи во время следующего периода объясняется тем, что при понижении напряжения питания магнитный элемент перемагничивается по обмотке w_1 не полностью (до $-B_r$), а только до $-B'_r$ (рис. 4-1,*б*), в следующий же период элемент полностью переходит в состояние $-B_r$, при этом на выходной обмотке индуктируется сигнал помехи длительностью $\tau_{\text{пом}}$:

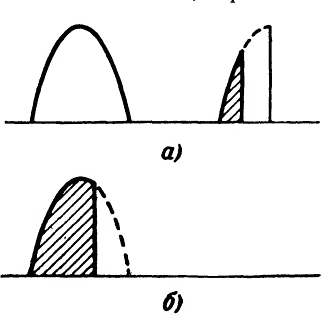


Рис. 5-8. Импульсы в линии связи при колебании напряжения питания.

а — при понижении; *б* — при повышении.

$$\tau_{\text{пом}} = \frac{T}{2\pi} \arccos \left[1 - \frac{2\pi}{T} \frac{w_3 S (B_r - B'_r)}{U'_{\text{с}}} \right],$$

где $U'_{\text{с}}$ — амплитуда сигнала на $R_{\text{н}}$ при понижении амплитуды питающего напряжения.

При повышении питающего напряжения перемагничивание до состояния $-B_r$ произойдет быстрее за время $t_{\text{пер}}$:

$$t_{\text{пер}} = \frac{T}{2\pi} \arccos \left[1 - \frac{2\pi}{T} \frac{w_3 S \cdot 2B_r}{U''_{\text{с}}} \right],$$

где $U''_с$ — амплитуда сигнала при повышении питающего напряжения.

Обычно возникновение сигнала помехи недопустимо, поэтому приходится выбирать параметры элемента M так, чтобы полное перемагничивание с $+B_r$ до $-B_r$ происходило за время всего полупериода $T/2$ только при

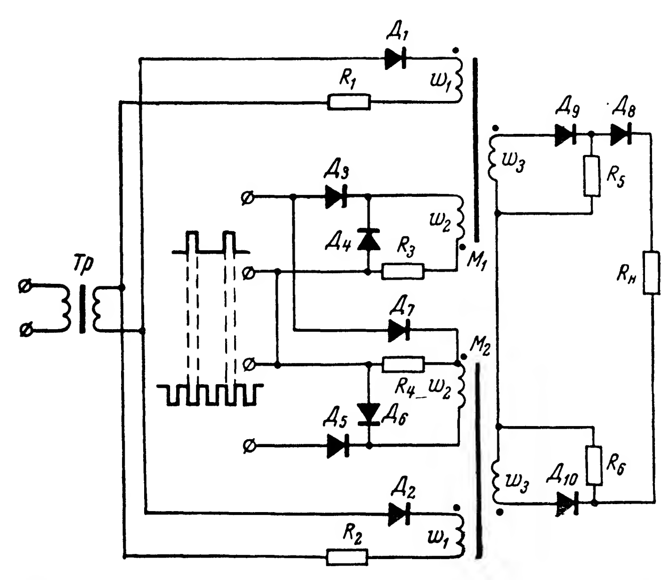


Рис. 5-9. Выходной линейный блок с постоянной формой выходного сигнала.

понижении питающего напряжения на 15—20%. Поэтому сигнал в линии связи в нормальных условиях имеет вид, показанный на рис. 5-8,*б*. Для сглаживания заднего фронта можно поставить в нагрузку конденсатор C (рис. 5-6).

На рис. 5-9 представлена схема выходного линейного блока, лишенная указанного недостатка, в этой схеме при изменении питающего напряжения синусоидальная форма импульса остается неизменной, меняется лишь амплитуда сигнала. Принцип работы такого блока состоит в следующем. Параметры элемента M_1 выбираются таким образом, что при максимальном увеличении питающего напряжения перемагничивание из состояния $+B_r$ в состояние $-B_r$ происходит во время всей полу-

волны синусоиды питания. Параметры элемента M_2 выбираются так, что, во-первых, амплитуда импульса с выходной обмотки w_3 элемента M_2 равнялась (или была больше) амплитуде сигнала с выходной обмотки w_3 элемента M_1 и, во-вторых, полное перемагничивание от $+B_r$ до $-B_r$ за время полупериода происходило только при минимуме питающего напряжения при обязательном условии $R_н \gg R_6$.

В исходном состоянии подготавливается только элемент M_2 импульсами с генератора (можно использовать импульсы с элементов непрерывно работающего распределителя). При считывании элемента M_2 импульс выделяется только на сопротивлении R_6, сигнал в нагрузке будет отсутствовать. Импульс команды, который нужно послать в линию связи, подготавливает элемент M_1 по обмотке w_2 и одновременно запирает диод $Д_5$, чем предотвращает перемагничивание элемента M_2 по обмотке w_2 импульсами с генератора, причем импульсы команд больше (или равны) по длительности и амплитуде импульсов с генератора. Так как элемент M_2 из-за выбранных параметров после считывания по обмотке w_1 всегда находится в состоянии $-B_r$, то сигнал при считывании M_1 и M_2 в следующий после подготовки элемента M_1 такт будет выделяться только с обмотки w_3 элемента M_1, и на нагрузке появится импульс синусоидальной формы. В следующий такт подготовится элемент M_2. Теперь при считывании элементов M_1 и M_2 импульсы появятся на обмотках w_3 обоих элементов M_1 и M_2, а так как $U_{w3M2} \geqslant U_{w2M1}$, то на сопротивлении нагрузки импульс будет отсутствовать.

Обозначим произведение $10^{-4} \cdot 2B_r S w_3$ для параметров первого сердечника (вольт-секундная площадь) через $П_1$, а для второго — через $П_2$, а вольт-секундную площадь тактового импульса через $П_и$. Максимальное значение вольт-секундной площади $П_{макс}$ будет соответственно при максимуме питающего напряжения, а минимальное $П_{мин}$ — при минимуме. Тогда справедливы соотношения:

$$П_1 - П_{мин} \leqslant П_2; \quad П_1 - П_{макс} \leqslant 0;$$

$$П_2 - П_{мин} \leqslant 0.$$

Отсюда получим граничные условия использования схемы:

$$П_1 = 2П_2; \; П_{макс} = 2П_{мин}$$

или в процентном отношении к среднему значению $П_{ср}$:

$$\frac{П_{ср} - П_{мин}}{П_{ср}} \cdot 100\% = 50\%;$$

$$\frac{П_{макс} - П_{ср}}{П_{ср}} \cdot 100\% = 50\%,$$

где

$$П_{ср} = \frac{П_{макс} + П_{мин}}{2} = \frac{3}{2} П_{мин} = \frac{3}{4} П_{макс},$$

т. е. схема будет работать при изменении питающего напряжения на ±50%. Расчет параметров элементов M_2 и M_1 аналогичен расчету параметров элемента M_1 (рис. 5-6).

5-3. ПРИЕМНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ БЛОК

Импульсы команд, поступающие с линии связи на КП, так же как и импульсы сигнализации, поступающие на ПУ, должны быть разделены и направлены к тем объектам, на которые им надлежит воздействовать. Иными словами, импульсы, идущие по одной паре проводов (линии связи), необходимо распределить по многим проводам, т. е. должно быть осуществлено многопроводное разделение сигналов. Во временных системах это осуществляется в схемах совпадения (схемы И). Однако вследствие некоторой даже минимальной несинхронности работы распределителей (возникающей из-за расхождения частоты генераторов, питающих распределители, изменения нагрузки на разных концах линии связи, некоторой неидентичности параметров элементов самих распределителей и т. п.) совпадение импульсов может быть затруднено или совсем не происходить.

Для гарантии точного совпадения импульсов применяются приемные линейные блоки или блоки памяти. Импульсы, приходящие с линии связи, не поступают сразу на схемы *И*, а подготавливают блок памяти, который на следующей полуволне считывается одновремен-

но с сердечниками распределителя (обмотки питания блока памяти и распределителя включены в одну цепь). Эта одновременность перемагничивания приемных линейных блоков и элементов распределителя обеспечивает точное совпадение импульсов в схемах И, куда они подаются с обмоток блока памяти и обмоток элементов распределителя. Для надежной работы схемы совпадения необходимо, чтобы импульс с линейного блока был прямоугольной формы и имел амплитуду и длительность на 20—25% больше, чем у импульса с элементов распределителя.

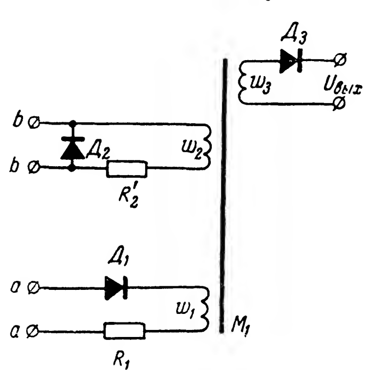


Рис. 5-10. Приемный линейный блок (однокаскадный).

Первый каскад приемного блока, выполненный на ленточном МЭППГ, изображен на рис. 5-10. Схема работает следующим образом. Ток импульса из линии связи, протекая по обмотке w_2 элемента M_1, переводит его из состояния с отрицательной остаточной магнитной индукцией $-B_r$ в состояние с $+B_r$. Тактовый импульс, возникающий в следующую полуволну синусоиды питания, подается на обмотку w_1 через сопротивление R_1 и диод $Д_1$ и переводит элемент M_1 вновь в состояние $-B_r$. Индуктируемая на обмотке w_3 э. д. с. поступает на второй каскад или непосредственно на схему совпадения, а э. д. с., наводимая на обмотке w_2, выделяется только на сопротивлении R'_2, для чего линия связи шунтируется диодом $Д_2$. Импульс U_c, поступающий с линии связи, как было показано выше, должен иметь синусоидальную форму.

Для расчета первого каскада приемного блока необходимо знать величину амплитуды U_c и длительность τ принимаемого сигнала, а также минимальное значение активного входного сопротивления приемного блока R'_2 и омическое сопротивление линии связи R_2. Для цепи: обмотка w_2 — сопротивление R'_2 имеем:

$$U_c \sin \frac{2\pi}{T} t = I_{пер} (R'_2 + R_2) + w_2 S \frac{dB}{dt}.$$

Считая, что за время τ магнитный элемент M_1 переводится из состояния с отрицательной остаточной магнитной индукцией $-B_r$ в состояние с $+B_r$, и интегрируя, получим:

$$U_c\left(1-\cos\frac{2\pi}{T}t\right)=\frac{2\pi}{T}\left[\frac{H_c l}{0,1w}(R_2+R'_2)\tau+w_2 S\cdot 2B_r\right].$$

Так как обычно $\tau=\frac{T}{2}$, то получим:

$$U_c=\frac{H_c l}{0,1w_2}(R_2+R'_2)+\frac{\pi}{T}w_2 S\cdot 2B_r.$$

Из приведенной выше формулы видно, что при больших значениях R_2 целесообразно использовать в качестве первого каскада приемного блока магнитные элементы из материала, имеющего наименьшую коэрцитивную силу, т. е. из материала 65НП.

Для величины выходного импульса с обмотки w_3 элемента M_1, считая тактовый импульс прямоугольным, имеем:

$$U_1\tau_1=w_3 S\cdot 2B_r,$$

где U_1 и τ_1 — амплитуда и длительность выходного импульса.

Очень часто оказывается, что импульс с выходной обмотки w_3 элемента M_1 имеет недостаточные значения по амплитуде и длительности, в связи с чем не может

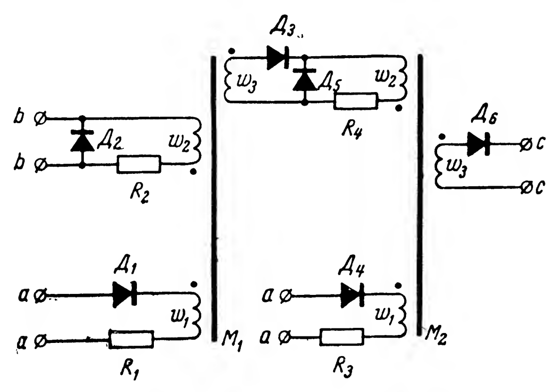


Рис. 5-11. Приемный линейный блок (двухкаскадный).

быть послан на схему совпадения без предварительного усиления. На рис. 5-11 изображен приемный блок, состоящий из двух усилительных каскадов, причем работа второго каскада аналогична работе первого. Если импульс с распределителя имеет амплитуду $U_р$ и длительность $\tau_р$, то для элемента M_2 будем иметь (амплитуда и длительность импульса с элемента M_2, подаваемого на схему совпадения, должна превосходить амплитуду и длительность импульса с распределителя в 1,2 раза):

$$1{,}2U_р\tau_р = w_3 S \cdot 2B_r.$$

Прочие расчетные соотношения по выбору параметров двухкаскадного усилителя принимают как при расчете двухтактного распределителя (см. гл. 3).

Аналогичный расчет производится для приемного блока, содержащего 3, 4, ..., n каскадов усиления. При этом усиливаемый импульс после оконечного каскада усилителя приемного блока оказывается сдвинутым относительно первоначального на время $t = nT/2$, где n — число каскадов усиления.

5-4. РЕГИСТРАЦИЯ СИГНАЛОВ

В системах телемеханики регистрация сигнала на пульте управления может осуществляться различными способами в зависимости от условий работы системы.

Это может быть либо обычный диспетчерский пульт, выполненный по принципу нормально темной или светящейся сигнализации, либо мнемосхема, либо блок самопишущих приборов. Часто применяется комбинация всех трех вариантов. В качестве индикаторов для диспетчерских пультов (как темных, так и светящихся), кроме индикаторных ламп накаливания, могут с успехом применяться неоновые лампы и тиратроны с холодным катодом (МТХ-90), имеющие вполне достаточную для диспетчерского пульта яркость свечения.

Поскольку газонаполненные лампы потребляют существенно меньшую мощность, чем накальные, то для зажигания газонаполненных ламп можно использовать импульсы непосредственно с выходных обмоток элементов распределителя, минуя какие бы то ни было переходные устройства. Для системы телемеханики, имеющей относительно небольшую емкость и длину цикла

(в пределах 1—2 *сек*), наиболее простой оказывается мигающая сигнализация, выполненная на неоновых лампах. В этом случае неоновая лампа зажигается импульсом с выходной обмотки распределителя и не нуждается как в специальных источниках питания, так и в дополнительных устройствах коммутации.

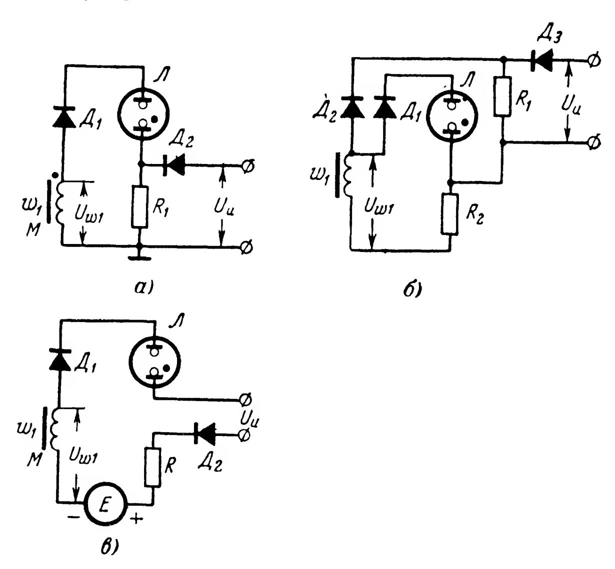


Рис. 5-12. Принципиальные схемы блоков световой мигающей сигнализации. Входные клеммы подсоединяются к выходу приемного линейного блока.

На рис. 5-12 показаны три типа ячеек для мигающей сигнализации без источников питания.

В схеме рис. 5-12,*а* индикаторная лампа *Л* будет вспыхивать 1 раз в цикл на время, равное длительности импульса с обмотки w_1 элемента распределителя, если на выходе приемного линейного блока в этот момент импульс отсутствует. Если на выходе приемного линейного блока одновременно с импульсом на обмотке w_1 элемента распределителя возникает импульс с амплитудой $U_и$ и длительностью $\tau_и$, причем $U_и > U_{w1}$ и $\tau_и > \tau_{w1}$, то лампа остается погашенной.

В схеме рис. 5-12,*б* индикаторная лампа *Л* не вспыхивает, если на выходе приемного устройства отсутствует

импульс и соблюдено условие $\frac{Uw_1}{R_1 + R_2} R_1 < U_{\text{зажиг}}$, где $U_{\text{зажиг}}$ — напряжение зажигания неоновой лампы *Л*. Если на выходе приемного линейного блока возникает импульс с амплитудой $U_{\text{и}}$ и длительностью $\tau_{\text{и}}$ и одновременно с ним на выходной обмотке элемента распределителя w_1 возникает импульс с параметрами $U_{\text{и}} \gg \frac{Uw_1}{R_1 + R_2} R_1$, $\tau_{\text{и}} > \tau_{w_1}$, то лампа *Л* вспыхнет на время, равное длительности τ_{w_1} импульса с выходной обмотки распределителя.

В схеме рис. 5-12, *в* индикаторная лампа *Л* не вспыхивает, если отсутствует импульс на выходе приемного устройства, так как э. д. с. *E* выбрана таким образом, что $U_{w1} - E \ll U_{\text{зажиг}}$. При возникновении на выходе приемного линейного блока импульса с амплитудой $U_{\text{и}}$ и длительностью $\tau_{\text{и}}$, причем $U_{\text{и}} > E$ и $\tau_{\text{и}} > \tau_{w1}$, индикаторная лампа вспыхнет на время τ_{w1}.

Вместо неоновой лампы удобно в описанных схемах применять тиратроны типа МТХ-90, причем сетка тиратрона накоротко соединяется с анодом. Тиратрон, включенный по такой схеме, имеет значительно более яркое свечение, чем неоновая лампа такого же размера.

Для случаев светящегося пульта (когда включенный объект обозначается горящей лампой, а выключенный — погашенной) применимы схемы рис. 5-12,*б*, *в*.

В случае темного щита индикаторная лампа должна вспыхивать только в период несоответствия между положением диспетчерского ключа и состоянием объекта. Для этого случая может быть применена схема рис. 5-12,*а*, если информация о состоянии объекта передается в линии связи двумя импульсами разной полярности (например, объект включен — положительным им-

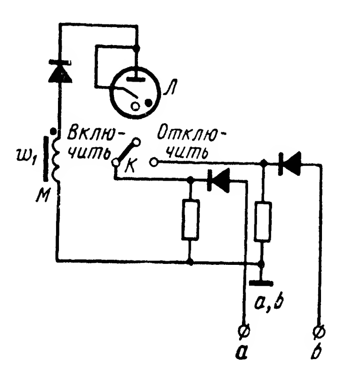


Рис. 5-13. Пример включения ячейки световой мигающей сигнализации для случая системы с двумя приемными линейными блоками (темный щит).

a—a — к выходу первого линейного блока; *b—b* — к выходу второго линейного блока.

пульсом, объект отключен — отрицательным, как в системе ТЦМ-60) и имеется два приемных линейных блока. Пример такой схемы приведен на рис. 5-13,*а*.

Если информация о состоянии объекта передается импульсом и паузой (объект включен — в линии связи

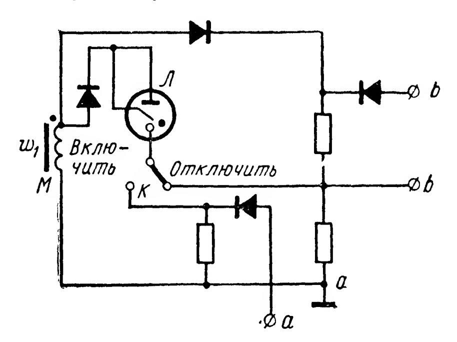


Рис. 5-14. Пример включения световой мигающей сигнализации для системы с одним приемным линейным блоком (темный щит).

а—а — к первому выходу линейного блока; *b—b*—ко второму выходу линейного блока.

имеется импульс, объект отключен — импульс отсутствует), то применяется комбинация схем *а* с *б* или *а* с *в*. В этом случае приемный линейный блок должен иметь две выходные обмотки. Пример включения схем *а* с *б* приведен на рис. 5-14, а схема *а* с *в* — на рис. 5-15.

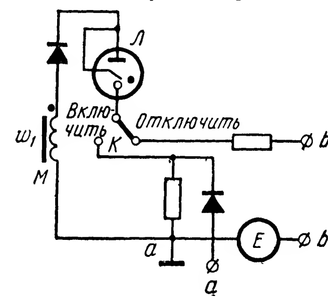


Рис. 5-15. Пример включения световой мигающей сигнализации для системы с одним приемным линейным блоком (темный щит).

а—а — к первому выходу линейного блока; *b—b* — ко второму выходу линейного блока.

Для систем телемеханики большой емкости с длиной цикла в несколько секунд и даже десятков секунд мигающая сигнализация, описанная выше, неприменима, так как частота мигания зависит от длины цикла. В этом случае для целей индикации можно применять схемы на тиратронах тлеющего разряда типа МТХ-90, аналогичные выходным устройствам, описанным

в § 4-2, с той лишь разницей, что вместо обмотки контактного реле в анодную цепь тиратрона включается омическое сопротивление соответствующего номинала. В такой схеме через тиратрон может протекать ток до 20 *ма* и тиратрон светится достаточно ярко, чтобы служить индикатором для диспетчерского пульта.

Пример использования такой схемы дан в описании систем ТУ—ТС для рассредоточенных объектов (§ 6-4).

Для включения ламп накаливания и самописцев естественно использовать исполнительные устройства, применяемые на исполнительных пунктах (см. гл. 4). По-видимому, применять ячейку на ТХК (тиратронное реле) для целей регистрации сигнала выгоднее, чем магнитное реле, так как тиратронное реле менее громоздко и потребляет меньшую мощность. Однако с целью унификации могут быть применены и магнитные реле, если на исполнительном пункте в качестве исполнительных устройств выбраны именно магнитные реле.

5-5. СХЕМА БЛОКИРОВКИ (РАЗВЯЗКИ)

Во временны́х системах ТУ—ТС во избежание ложной сигнализации необходимо, чтобы импульсы команд направлялись с ПУ только на КП, но не на схемы совпадения, принимающие импульсы сигнализации и находящиеся здесь же на ПУ. С другой стороны, во избежание ложных включений объектов импульсы сигнализации должны направляться с КП только на ПУ, но не на схемы совпадения, находящиеся здесь же на КП и принимающие импульсы команд. Таким образом, необходимо заблокировать прохождение импульсов в ту часть схемы, в которую импульсам с такими же признаками (обычно импульсы ТУ и ТС обладают одними и теми же признаками), но поступающим с другого входа, доступ разрешен.

На рис. 5-16 представлена схема развязки в системе ТЦМ-60; здесь осуществляется передача и прием четырех видов сигналов; импульсов команд, синхронизирующего импульса и импульсов сигнализации двух видов. Для передачи каждого вида сигнала существуют линей-

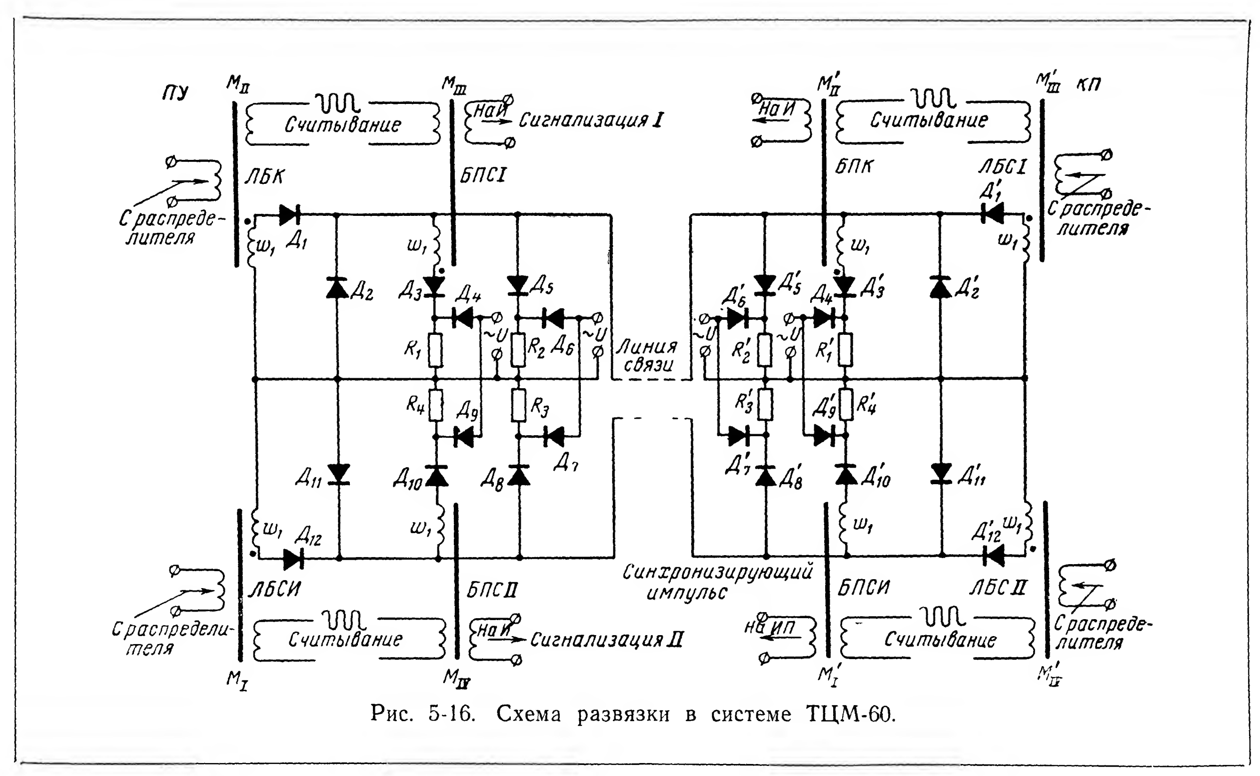


Рис. 5-16. Схема развязки в системе ТЦМ-60.

ные блоки (ЛБ), а для приема — блоки памяти (БП), выполненные на МЭППГ. Таким образом, в схеме имеется восемь сердечников: четыре ЛБ и четыре БП. Команды передаются положительными импульсами так же, как и сигнализация *I*, а синхронизирующий импульс и сигнализации *II* — отрицательными импульсами, причем сигнализации *I* и *II* посылаются в линию связи в разные фазы.

Рассмотрим, как происходит передача команд. При считывании линейного блока передачи команд ЛБК на обмотке w_1 возникает э. д. с. Импульс, созданный этой э. д. с., должен приняться только блоком памяти команд БПК. Поэтому, чтобы ток импульса не шел по приемной обмотке элемента M_{III} (блок памяти сигнализации *I*), на сопротивлении R_1 подается в фазе с напряжением, подаваемым на считывание ЛБК, полуволна синусоидального напряжения, величина которой больше (или равна) импульса команд, в связи с чем диод $Д_3$ окажется запертым для прохождения тока этого импульса. Таким образом приемный блок памяти сигнализации будет блокирован на время передачи импульса команд. Ток импульса команды потечет через диод $Д_5$ и R_2 (одна цепь) и по второй цепи $нw_1M_{II}$—$Д_1$ — линия связи — $w_1M'_{II}$—$Д'_3$—R'_1—$Д'_{II}$ — линия связи — $Д_8$—R_3—$кw_1M_{II}$. Через сопротивление R'_2 ток импульса команды протекать не будет, так как на него через диод $Д'_6$ подается полуволна синусоиды питания (в фазе с напряжением, подаваемым на считывание ЛБК) такой величины, что диод $Д'_5$ оказывается закрытым для тока. Блокирование сопротивления R'_2 необходимо для уменьшения расхода мощности импульса команд. Ток импульса команд не будет также протекать и через обмотку w_1M_{IV}, так как диод $Д_{10}$ будет также заперт напряжением, подаваемым на R_4 через диод $Д_9$.

В связи с полной симметрией схемы передачи и приема импульсов сигнализации *I* и *II* и синхронизирующего импульса производятся аналогично.

Передача синхронизирующего импульса осуществляется по цепи $нw_1M_I$—$Д_{12}$ — линия связи — $w_1M'_I$—$Д'_{10}$—R'_4—$Д'_2$ — линия связи — $Д_5$—R_2—$кw_1M_I$. При этом подготавливается блок памяти синхронизирующего импульса (БПСИ). Прохождение синхронизирующего импульса через w_1M_{IV} блокируется подачей напряжения

питания (в фазе с напряжением, подаваемым на считывание M_1), запирающего диод $Д_{10}$.

Передача сигнализации *I* осуществляется по цепи $нw_1M'_{III}$—$Д'_1$ — линия связи — w_1M_{III}—$Д_3$—R_1—$Д_{11}$ — линия связи — $Д'_8$—R'_3—$кw_1M_{III}$. При этом подготавливается блок памяти сигнализации *I* (*БПСI*). Прохождение импульса сигнализации *I* через $w_1M'_{II}$ блокируется питающим напряжением (в фазе с напряжением, подаваемым на считывание M'_{III}), запирающим диод $Д'_3$.

Передача сигнализации *II* осуществляется по цепи $нw_1M'_{IV}$—$Д'_{12}$ — линия связи — w_1M_{IV}—$Д_{10}$—R_4—$Д_2$— линия связи — $Д'_5$—R'_2—$кw_1M_{IV}$. При этом подготавливается M_{IV}. Прохождение импульса сигнализации *II* через $w_1M'_I$ блокируется напряжением питания (в фазе с напряжением, подаваемым на считывание M'_{IV}), запирающим диод $Д'_{10}$.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА МАГНИТНЫХ И ИОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Как указывалось в гл. 1, свойства магнитных и ионных элементов позволяют осуществить на них любые системы телемеханики. Ниже приводятся некоторые системы телесигнализации (ТС) и телеуправления и телесигнализации (ТУ — ТС) разработки авторов, которые либо освоены заводами, либо выполнены в макетах.

Такие бесконтактные и бестранзисторные системы телемеханики позволяют использовать их в неотапливаемых помещениях в условиях большого перепада температур, т. е. в любом месте нашей страны. Они обладают повышенной надежностью как за счет надежности самих элементов, так и за счет того, что обеспечивают реализацию простых схемных решений.

6-1. СИСТЕМЫ ТЕЛЕСИГНАЛИЗАЦИИ

В данном параграфе приводится описание двух систем телесигнализации для сосредоточенных объектов. Отличие этих систем друг от друга заключается в исполнении распределителей. В системе ТЦМ-59М распределитель выполнен на отдельных магнитных элементах из материала 50НП, что позволяет легко изменять емкость системы, а система ТЦМ-3 выполнена на разветвленном магнитопроводе, что делает ее более простой и надежной.

Система ТЦМ-59М. На рис. 6-1 представлена принципиальная схема модернизированной системы ТЦМ-59М. Она отличается от описанной в литературе [Л. 6] системы ТЦМ-59 отсутствием исполнительных

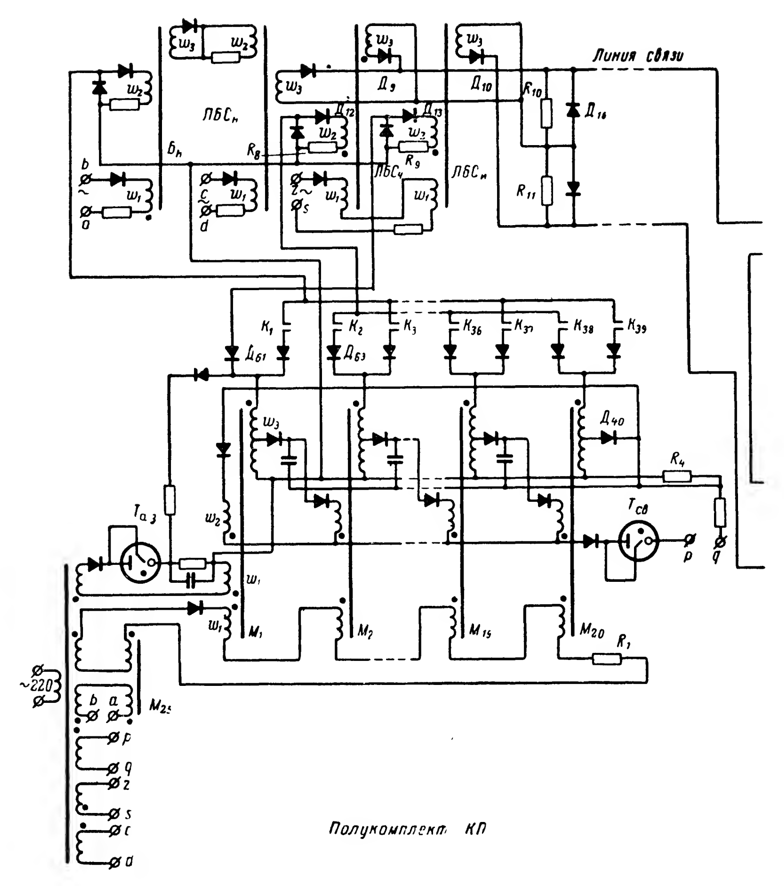


Рис. 6-1. Принципиальная

триггерных устройств, использованием каждого магнитного элемента для передачи сигнализаций от двух объектов и применением тиратронов тлеющего разряда типа МТХ-90 вместо индикаторных ламп накаливания. Опыт эксплуатации 250 комплектов системы ТЦМ-59, выпущенных Нальчикским заводом (ЗТА), показал высокую надежность их работы. Случайные отказы в работе некоторых образцов происходили главным образом

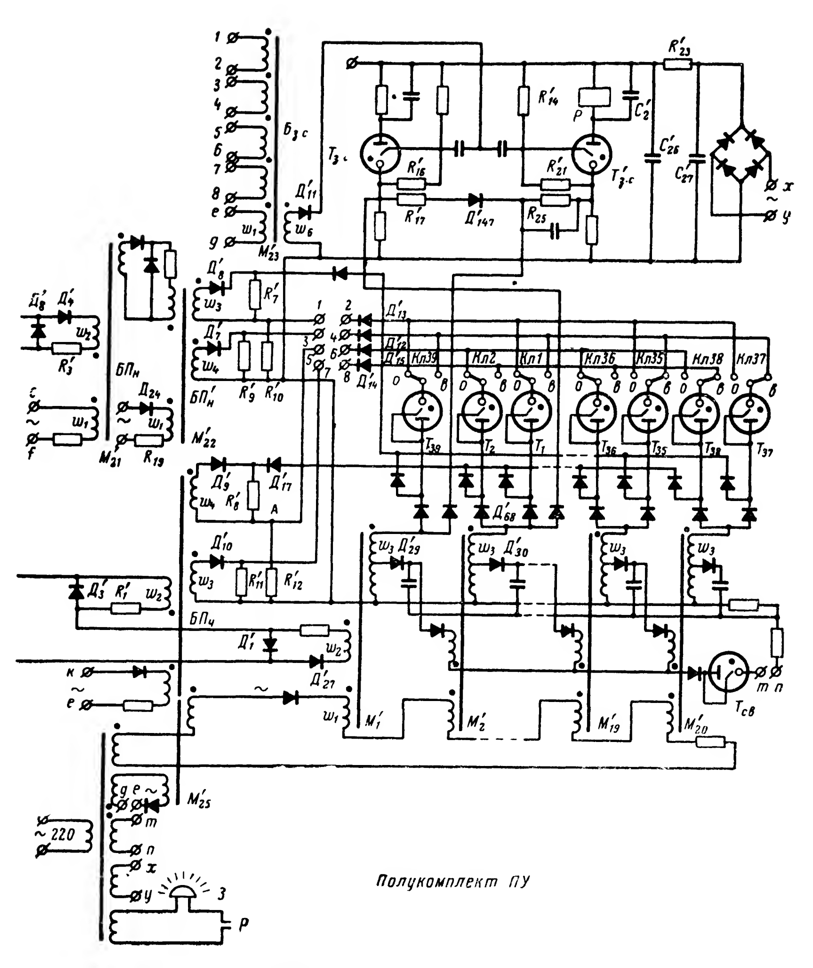


схема системы ТЦМ-59М.

из-за выхода из строя транзисторов в триггерных схемах. Полностью бестранзисторная схема ТЦМ-59М имеет также меньше деталей на один передаваемый сигнал из-за двукратного использования сердечников. Все это значительно повышает ее надежность. Система дает возможность контролировать 39 объектов. Дальность действия системы до 20 *км* при наличии двухпроводной линии связи с параметрами: $R = 200$ *ом/км*, $C =$

$=0{,}05$ *мкф/км*, $L=0{,}7$ *мгн/км*. Амплитуда импульсов в линии связи на выходе ЛБ — 40 *в*, длительность импульса — 10 *мсек*. Система допускает воздействие синусоидальной помехи с амплитудой до 1 *в* или импульсной помехи длительностью до 200 *мксек* при амплитуде до 25 *в*.

Количество деталей на один сигнал (без учета общих блоков):

магнитных элементов	1
диодов	5
тиратронов тлеющего разряда	1
конденсаторов	1
сопротивлений	0

Количество деталей в общих блоках:

магнитных элементов	10
диодов	47
тиратронов тлеющего разряда	5
конденсаторов	8
сопротивлений	40

Схема состоит из двух однотактных распределителей: сердечники M_1—M_{20} (на КП) и M'_1—M'_{20} (на ПУ). Распределители запускаются от промышленной сети через дроссельные формирователи импульсов M_{25} и M'_{25}.

Датчики объектов, состояние которых контролируется, имеют свои контакты K_1—K_{39} (схема рассчитана на контроль 39 объектов) в цепях выходных обмоток МЭППГ (выходная обмотка и ведущая обмотка связи совмещены). При замыкании одного или нескольких контактов в линию связи через линейные блоки $ЛБС_н$ (нечетных объектов) и $ЛБС_ч$ (четных объектов) подаются положительные импульсы. Синхронизирующий импульс с обмотки w_3M_1 поступает в линию через блок *БСИ*.

Идея двукратного использования сердечников заключается в поочередной передаче в линию связи одновременно поступивших с одного и того же сердечника распределителя двух сообщений через линейные блоки системы. Эта очередность передачи осуществляется при

помощи использования обеих полуволн синусоидального напряжения. Так, например, если замкнутся контакты K_2 и K_3, то сигнал объекта K_2 с элемента M_2 передастся $ЛБС_ч$ на отрицательной полуволне, а сигнал объекта K_3 — на положительной полуволне $ЛБС_н$, для чего перед $ЛБС_н$ ставится блок $Б_н$, который задерживает переключение $ЛБС_н$ на полпериода. Задача четного ($БП_ч$) и нечетного ($БП_н$) блоков памяти на *ПУ* заключается в приеме и в обеспечении точного совпадения в схемах И импульсов сигнализации, поступающих с *КП* с импульсами элементов распределителя на *ПУ*. Вследствие этого распределитель на *ПУ* и блоки $ПБ_ч$ и $БП_н$ должны переключаться от полуволны одной полярности. Для обеспечения такого совпадения передаваемый на другой полуволне импульс с нечетных объектов дополнительно сдвигается еще раз блоком $БП_н$.

На *ПУ* имеется четыре схемы И. Первая выполнена на сопротивлении R'_7 и диодах $Д'_{16}$ и $Д_8$; вторая — на R'_9 и $Д'_7$, $Д'_{12}$; третья — на R'_8 и $Д'_9$, $Д'_{17}$; четвертая — на R'_{11} и $Д'_{10}$, $Д'_{14}$. На этих схемах происходит совпадение импульсов распределителя с импульсами команд; на первых двух с импульсами нечетных команд, на вторых с импульсами четных команд.

Кроме световой сигнализации, работающей по принципу темного щита, в схеме предусмотрена общая звуковая сигнализация; для этой цели предназначаются блок $Б_{з.с}$, тиратроны $T_{з.с}$ и $T'_{з.с}$, реле *Р* и звонок *З*.

Рассмотрим сначала, как осуществляется синхронная работа распределителей без передачи сигнализации с объектов. Процесс перемагничивания от элемента к элементу удобно проследить также и по временной диаграмме (рис. 6-2), причем при подготовке сердечников возникает отрицательный импульс, а при их считывании — положительный. При считывании элемента M_1 подготавливается *ЛБСИ* (по цепи $нw_3M_1$—$Д_{61}$—$Д_{13}$—$w_2ЛБСИ$ — R_9—$кw_3M_1$). На отрицательной полуволне *2* (рис. 6-2) *ЛБСИ* считывается и подготавливает M'_1 (по цепи $нw_3ЛБСИ$—$Д_{10}$ — линия связи — $Д'_{27}$—$w_2M'_1$—R'_2—$Д'_3$—$Д'_8$ — линия связи — R_{10}—$кw_3ЛБСИ$). На полуволне *3* сердечник M'_1 считывается и подготавливает M'_2, который считывается на полуволне *5* и т. д.

Рассмотрим теперь пример передачи сигнализации при одновременном замыкании контактов K_2 и K_3 (ус-

ловно сигналы K_2 и K_3). Так как схема выполнена по принципу темного щита, то до замыкания контактов K_2 и K_3 тиратроны T_2 и T_3 (на схеме не указаны) погашены и ключи находятся в положении отключено (объекты

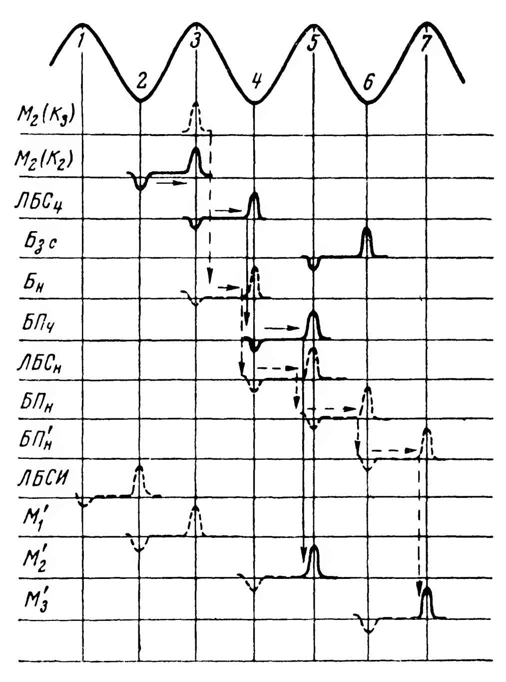


Рис. 6-2. Временна́я диаграмма работы системы ТЦМ-59М.

выключены). Тиратроны погашены вследствие шунтирования их сопротивлениями (например, для тиратрона T_2 шунтирование происходит по цепи $нw_3M'_2$—$Д'_{68}$—$Д'_{107}$—$Д'_{17}$—R'_8 — точка A, а T_2 включен параллельно R'_8, на котором падает напряжение, недостаточное для его зажигания). Предположим, что теперь контакты K_2 и K_3 включились, и рассмотрим, как происходит движение сигнала по схеме. Для удобства анализа движение сигнала K_2 с одного элемента схемы на другой на диаграмме (рис. 6-2) представлено сплошными стрелками, а сигнала K_3 — пунктирными. Подача сигнала K_2 (при считывании M_2), происходящая на положительной полу-

волне 3, вызывает подготовку $ЛБС_ч$ (по цепи $нw_3M_2$—$Д_{63}$—$К_2$—$Д_{12}$—$w_2ЛБС_ч$—R_8—$кw_3M_2$), а на отрицательной полуволне 4 происходит его считывание, вследствие чего подготавливается $БП_ч$ (по цепи $нw_3ЛБС_ч$ — $Д_9$ — линия связи — $Д'_4$—$w_2БП_н$—R'_3—$w_2БП_ч$—R'_1—$Д'_1$ — линия связи R_{11}—$кw_3ЛБС_ч$; заметим, что подготовка $БП_н$ не происходит, так как он включен на ту же полуволну, что и $ЛБС_ч$). На полуволне 5 блок $БП_ч$ считывается одновременно с M'_2. Импульс с $w_чБП_ч$ запирает диод $Д'_{17}$ положительным потенциалом на R'_8, вследствие чего зажигается тиратрон $Т_2$ (по цепи $нw_3M'_2$—$Д'_{68}$—$Т_2$—$Д'_{15}$—$w_чБ_{з.с}$—R'_{12}—$кw_3M'_2$) и подготавливается $Б_{з.с}$ по обмотке w_2. На следующей полуволне $Б_{з.с}$ считывается, тиратрон $Т_{з.с}$ зажигается и включает реле $Р$, которое в свою очередь включает звонок $З$. Таким образом, диспетчер получает световую и звуковую сигнализацию о том, что объект включился.

После того как диспетчер произведет квитирование, т. е. переключит ключ из положения «отключено» в положение «включено», тиратрон $Т_2$ погаснет (а звонок перестанет звенеть), т. е. возникнет положение соответствия. Гашение тиратрона $Т_2$ происходит вследствие того, что импульс команды, выделяясь на R_{11} с $w_3БП_ч$, запирает диод $Д'_{14}$, и ток по цепи $нw_3M'_2$—$Д'_{68}$—$Т_2$—$Кл2(в)$ — $Д'_{14}$—$кw_5Б_{з.с}$—R'_{11}—$кw_3M'_2$ не проходит. Если произойдет отключение объекта и контакт $К_2$ разомкнется, то на сопротивлении R'_{11} импульса не будет и по указанной цепи пойдет ток, который зажжет тиратрон $Т_2$, что будет означать состояние несоответствия, т. е. снова возникнет звук. При квитировании (переводе ключа $Кл_2$ в положение *о*) тиратрон гаснет и схема возвращается в исходное состояние, с которого начато описание. Подробное рассмотрение схемы звуковой сигнализации (тиратроны $Т_{з.с}$ и $Т'_{з.с}$) дано при описании ТЦМ-60М.

Более длинным является путь сигнала $К_3$. Его можно проследить по диаграмме на рис. 6-2 (пунктир). Если сигнал $К_2$ сдвигается на один период синусоидального напряжения (от момента посылки до момента приема на КП), то сигнал $К_3$ сдвигается на два периода и совпадает с импульсом с третьего сердечника на КП. Соответствующим образом на рис. 6-1 пронумерованы ключи и тиратроны.

Система ТЦМ-3. В настоящей системе телесигнализации для сосредоточенных объектов распределители полукомплектов ПУ и КП выполнены на разветвленном магнитопроводе. Как было показано в гл. 3, такой распределитель не может быть собран по однотактной схеме (минимальное число тактов равно двум), поэтому в системе ТУ—ТС применение такого распределителя неоправдано из-за нерационального использования количества ячеек распределителя (на один сигнал ТУ или один сигнал ТС приходится одна ячейка распределителя в полукомплекте ПУ и одна — в полукомплекте КП). Применение же распределителя на разветвленном магнитопроводе в системах ТС может найти широкое применение, так как простота выполнения распределителя позволяет сократить общее количество деталей, применяемых в схеме, и повысить надежность работы системы. На рис. 6-3 приведена схема такой системы. Схема рассчитана на контроль за состоянием шести двухпозиционных объектов. Емкость системы может быть увеличена до 12 — 15 сигналов ТС. Поскольку линейные блоки ТЦМ-3 выполнены на МЭППГ, амплитуда и длительность выходных импульсов, дальность действия, а также помехоустойчивость этой системы те же самые, что и в системе ТЦМ-59М.

Распределитель выполнен по двухтактной схеме, в качестве источника питания используются полуволны синусоидального напряжения промышленной сети переменного тока 50 *гц*. Тактовые импульсы подаются для питания распределителей с формирователей, выполненных на ленточных МЭППГ M_5 (КП) и M_{11} (ПУ). Распределитель на КП собран по замкнутой в кольцо схеме. Схема возврата распределителя в исходное состояние выполнена на ленточном МЭППГ M_3. В схеме предусматривается блок запуска *БЗ*, работающий аналогично блоку запуска однотактного, замкнутого в кольцо распределителя, однако, запускающий импульс подается не на первую ячейку распределителя, а на возврат всех ячеек распределителя в исходное состояние. Схема возврата работает следующим образом: импульс с выходной обмотки последней ячейки распределителя подается в обмотку записи элемента M_3, при считывании которого импульс с его выходной обмотки w_3 подается в обмотки сброса ячеек распределителя, в результате чего

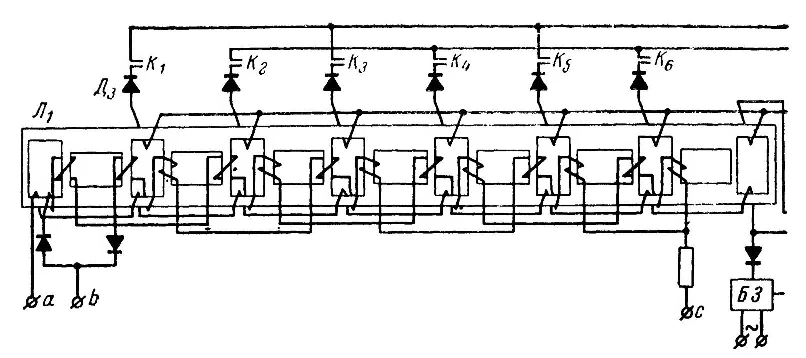


Рис. 6-3а. Распределитель КП системы ТЦМ-3.

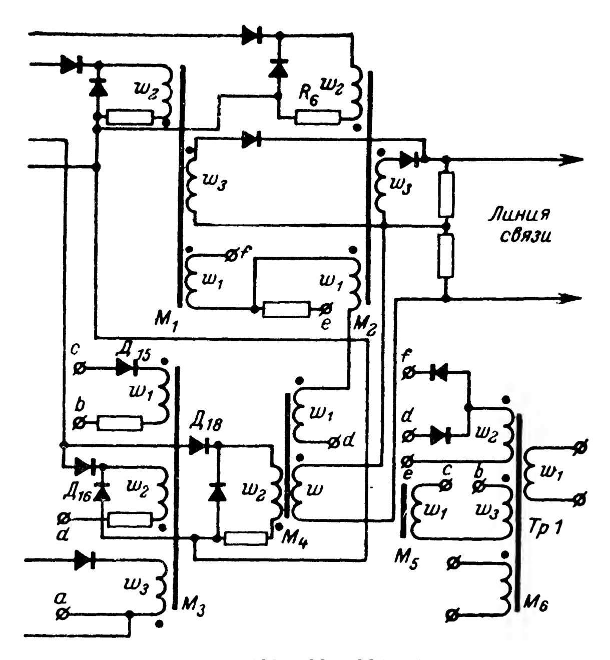


Рис. 6-3б. Линейные блоки (M_1, M_2, M_4), формирователь тактовых импульсов (M_5) и схема возврата (M_3) КП системы ТЦМ-3.

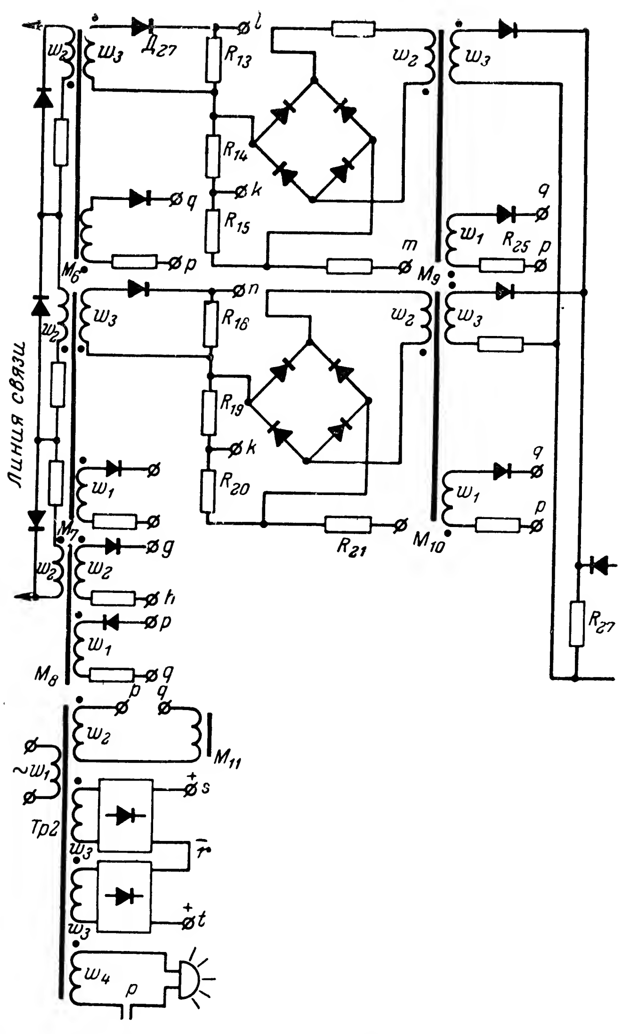


Рис. 6-3в. Линейные блоки (M_6, M_7, M_8), блоки памяти (M_9, M_{10}) и схема возврата (M_{11}) ПУ системы ТЦМ-3.

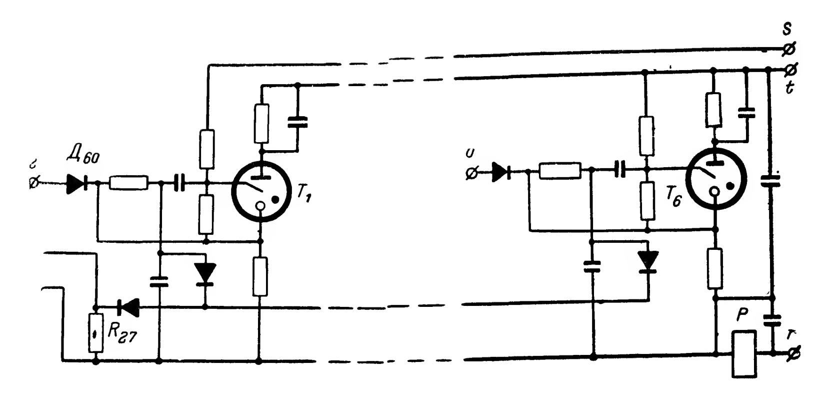


Рис. 6-3г. Блок регистрации сигнала ПУ системы ТЦМ-3.

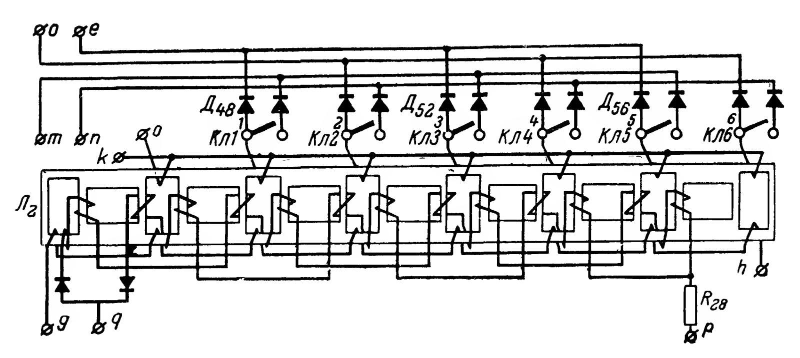


Рис. 6-3д. Распределитель ПУ системы ТЦМ-3.

распределитель к следующему такту оказывается в исходном состоянии. Магнитные элементы M_1 и M_2 являются выходными линейными блоками передачи импульсов сигнализации соответственно с четных и нечетных ячеек распределителя КП в линию связи. На элементе M_4 собран выходной линейный блок передачи синхронизирующего импульса (отрицательной полярности) в линию связи.

На *ПУ* на элементах M_6 и M_7 собраны линейные блоки приема положительных импульсов сигнализации из линий связи (M_6 — для импульсов сигнализации с нечетных ячеек распределителя *КП*, M_7 — с четных),

а на элементе M_8 — приемный блок отрицательного синхроимпульса. Элементы M_9 и M_{10} являются блоками памяти для импульсов сигнализации (M_9 — с нечетных, M_{10} — с четных ячеек распределителя *КП*). На тиратронах T_1—T_6 собран блок световой сигнализации, на ре

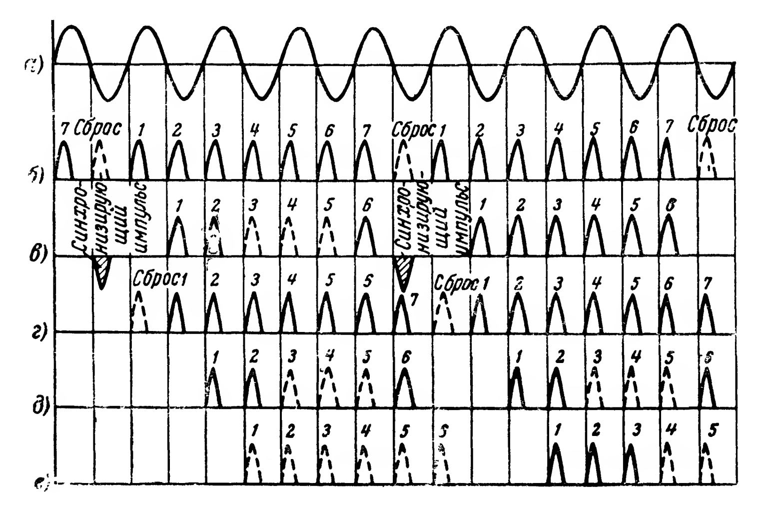


Рис. 6-4. Временна́я диаграмма работы системы ТЦМ-3.

а — синусоида питания; *б* — выходные импульсы с ячеек распределителя на *КП*; *в* — синхронизирующий импульс и импульсы сигнализации в линии связи; *г* — выходные импульсы с ячеек распределителя на *ПУ*; *д* — импульсы сигнализации с выходных обмоток элементов M_6 и M_7 приемных блоков на *ПУ*; *е* — импульсы сигнализации на схеме совпадения при несоответствии (для зажигания тиратронов).

ле *P* — блок звуковой сигнализации. Блок световой сигнализации выполнен по принципу темного щита.

Рассмотрим совместную работу полукомплектов *КП* и *ПУ*. На рис. 6-4 изображена временная диаграмма работы полукомплектов *КП* и *ПУ* относительно синусоиды питания (рис. 6-4,*а*). Начнем рассмотрение в момент считывания последней, седьмой ячейки распределителя на *КП*. Импульс с последней ячейки через диод $Д_{16}$ подается на схему возврата, работа которой описана ранее, и через диод $Д_{18}$ подготавливает элемент M_4 по обмотке w_2. Элемент M_4, считываясь в отрицательную полуволну синусоиды питания, посылает отрицательный синхроимпульс в линию связи (рис. 6-4,*в*). Этот импульс готовит по обмотке w_2 элемент M_8, который,

считываясь в следующую положительную полуволну синусоиды питания, запускает распределитель *ПУ*. Запуск распределителя на разветвленном магнитопроводе состоит в перемагничивании по соответствующим обмоткам всех ячеек распределителя в исходное состояние (гл. 3). Ячейки распределителя на *ПУ* начинают работать в момент времени, указанный на рис. 6-4,*г*.

Предположим, что замкнуты датчики объектов K_1, K_2 и K_6. Тогда импульсы с первой ячейки распределителя будут готовить элемент M_2 по цепи, проходящей через диод $Д_3$, контакт датчика K_1, диод $Д_{11}$, по обмотке w_2, сопротивлению R_6. Импульсы со второй и шестой ячеек распределителя подготовят по обмотке w_2 элемент M_1. При считывании элементов M_1 и M_2 в линию связи поступают соответствующие положительные импульсы сигнализации. На рис. 6-4,*в* эти импульсы изображены сплошными линиями. Импульс сигнализации о состоянии первого объекта принимается на *ПУ* элементом M_6.

При считывании в положительную полуволну синусоиды питания импульс выходной обмотки w_3 элемента M_6 через диод $Д_{27}$ поступает на сопротивление R_{13}. Импульсы сигнализации о состоянии второго и шестого объектов принимаются элементом M_7, при считывании которого в отрицательную полуволну синусоиды питания импульсы в соответствующие моменты будут возникать на сопротивлении R_{18} (рис. 6-4,*д*).

На равных сопротивлениях R_{13} и R_{16} собрана схема совпадения импульсов сигнализации, посылаемых с объектов с нечетными номерами, с импульсами с распределителя на *ПУ*, а на равных сопротивлениях R_{18} и R_{21} — схема для импульсов сигнализации, посылаемых с объектов, имеющих четные номера ($R_{14}=R_{15}$, $R_{19}=R_{20}$). В результате срабатывания схемы совпадения соответствующие магнитные элементы M_9 и M_{10} (отвечающие нечетным и четным номерам объектов) либо не готовятся, если положение квиртирующего ключа на *ПУ* соответствует состоянию отвечающего ему объекта, либо готовятся, если положение ключа не соответствует состоянию объекта. При несоответствии элемент M_9 (или M_{10}) окажется подготовленным, поэтому при считывании этого элемента на сопротивлении R_{27} возникнет импульс (рис. 6-4,*е*), и в блоке световой сигнализации тиратрон,

отвечающий ключу, положение которого не соответствует состоянию объекта, загорается (подробно работа этой схемы разбирается в гл. 4).

Остановимся на работе схемы совпадения, например, соответствующей линейному блоку приема импульсов сигнализации с объектов, имеющих нечетные номера — M_6. Как видно из рис. 6-4,*д*, при считывании M_6 одновременно могут считываться только четные ячейки распределителя на *ПУ*. Импульсы с выходных обмоток четных ячеек распределителя подаются через диоды $Д_{48}$, $Д_{52}$ и $Д_{56}$ на сопротивление R_{13} и R_{14}, а на сопротивление R_{15} и R_{16} будут подаваться только в том случае, если контакты соответствующих ключей *Кл1*, *Кл3*, *Кл5* замкнуты, причем если контакты ключа замкнуты, то мы будем говорить, что ключ находится в положении «отключено», а если разомкнуты, то ключ находится в положении «включено». Предположим далее, что *Кл1*, *Кл3*, *Кл5* находятся в положении «отключено» (контакты ключей замкнуты). Тогда, как было показано выше и как изображено на рис. 6-4,*д*, на сопротивлении R_{13} выделится импульс с обмотки w_3 элемента M_6 только при считывании второй ячейки распределителя (с элемента M_6 — импульс сигнализации о включенном первом объекте), в связи с чем только диод $Д_{48}$ окажется запертым для протекания тока через сопротивления R_{13} и R_{14}. В результате при считывании второй ячейки распределителя с цепочки R_{14} и R_{15} будет сниматься отрицательный импульс, который через диодный мостик и сопротивление R_{25} подготовит элемент M_9 по обмотке w_2. При считывании элемента M_9 в следующую отрицательную полуволну (рис. 6-4,*е*) на сопротивлении R_{27} появится импульс. В этот момент будет считываться третья ячейка распределителя *ПУ* и импульс с этой ячейки через диод $Д_{60}$ зажжет тиратрон T_1; при горении тиратрона T_1 работает реле P и возникнет звуковой сигнал. При считывании четвертой и шестой ячейки распределителя ток будет протекать через сопротивление R_{13} и R_{14}, благодаря чему сумма напряжений на сопротивлениях R_{14} и R_{15} будет равна нулю и элемент M_9 готовиться не будет (ключи в положении «отключено» и объекты отключены — соответствие).

Заквитируем далее сигнал несоответствия первого объекта, т. е. переведем ключ в положение «включено»

(контакты $Кл1$ разомкнуты); тогда по сопротивлениям R_{15} и R_{16} ток протекать не будет, сумма напряжений на сопротивлениях R_{14} и R_{15} станет равной нулю и при считывании второй ячейки распределителя. Значит, элемент M_9 готовиться не будет, и при считывании третьей ячейки распределителя на сопротивлении R_{27} импульс с обмотки w_3 элемента M_9 будет отсутствовать, что вызовет гашение тиратрона T_1, и приведет к прекращению звуковой сигнализации (наступило положение соответствия — ключ в положении «включено» и объект включен). При отключении объекта схема работает аналогично.

6-2. СИСТЕМА ТУ—ТС ДЛЯ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ (ТЦМ-60М)

Система предназначена для телеуправления, телесигнализации, телерегулирования и вызова телеизмерений сосредоточенных объектов, расположенных вокруг одного контролируемого пункта.

Выходные данные системы ТЦМ-60М (амплитуда и длительность импульсов, дальность действия) такие же, как для ТЦМ-59М.

Количество деталей на одну команду без учета общих блоков:

магнитных элементов	1
диодов	5
тиратронов тлеющего разряда	1
конденсаторов	2
сопротивлений	2

Число деталей в общих блоках:

магнитных элементов	23
диодов	133
тиратронов тлеющего разряда	13
конденсаторов	22
сопротивлений	58

На рис. 6-5 и 6-6 для простоты приведен пример схемы ТЦМ-60М емкостью восемь двухпозиционных объектов: команд ТУ—ТС — два, ТС — четыре, ТИ — два, причем система позволяет включать регулировку измеряемого параметра.

Блок-схема системы не отличается от представленной на рис. В-1. Использованы те же принципы построе-

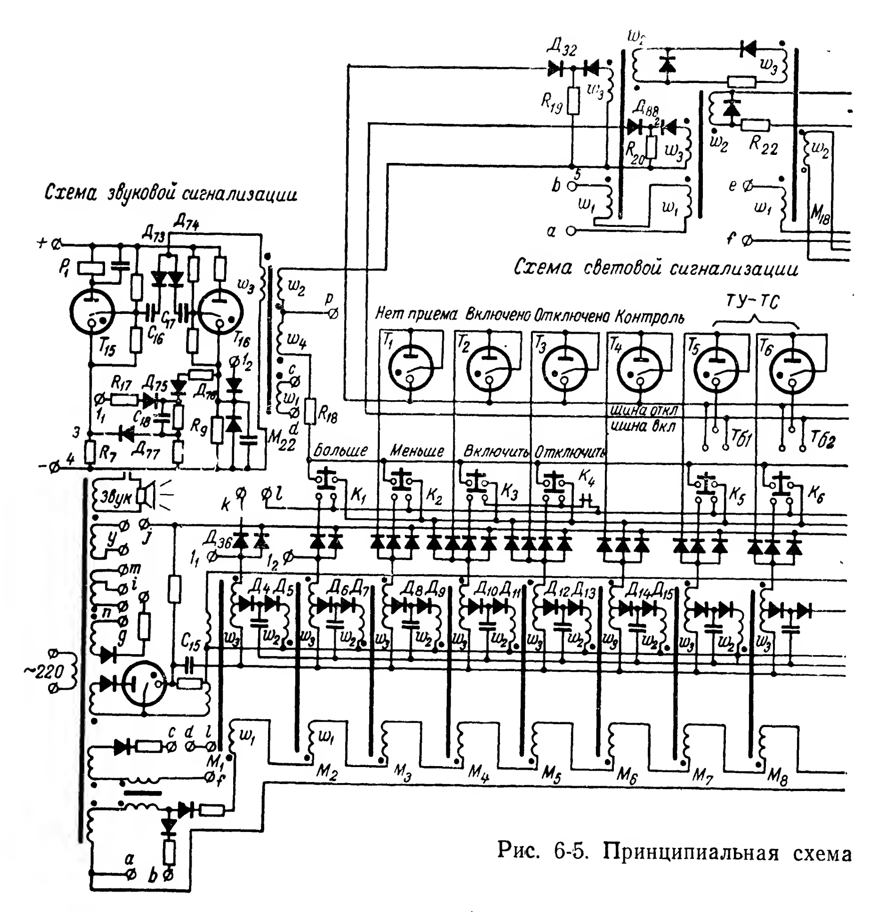
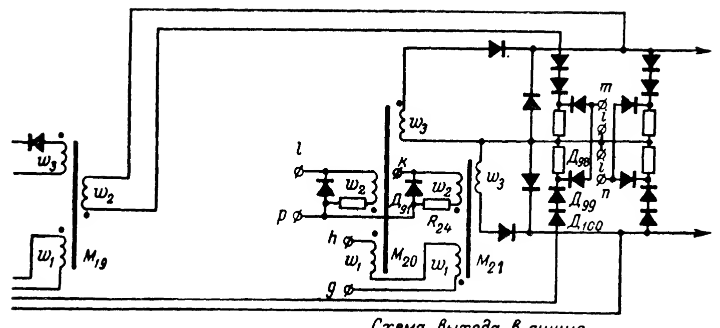
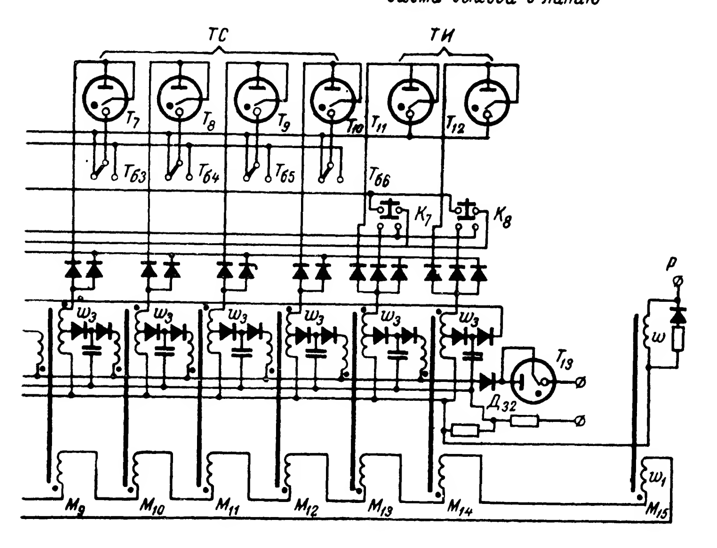


Рис. 6-5. Принципиальная схема

ния, двухступенчатый способ управления объектом и сигнализация по способу темного щита. Предусмотрена дополнительная сигнализация о выборе объекта: перед тем как нажать кнопку «включить» или «отключить» диспетчер получает сигнализацию о том, выполнена ли команда по выбору объекта.

Рассмотрим принципиальную схему пункта управления системы, представленную на рис. 6-5. Схема состоит из следующих основных блоков: однотактного распределителя (описан в гл. 3), световой сигнализации на





ПУ системы ТЦМ-60М.

тиратронах тлеющего разряда (гл. 5), выхода в линию (рис. 5-16, гл. 5), звуковой сигнализации и сигнализации об исправности самой системы. Для удобства рассмотрения схема представлена на меньшее число передаваемых и принимаемых собощений, поэтому распределитель состоит всего из 14 элементов: два предназначаются для ТУ—ТС, четыре только для ТС, два для вызова ТИ, два для телерегулирования («больше» — элемент M_2, «меньше» — элемент M_3), два для передачи команд «характер операции» («включить»—M_4, «отклю-

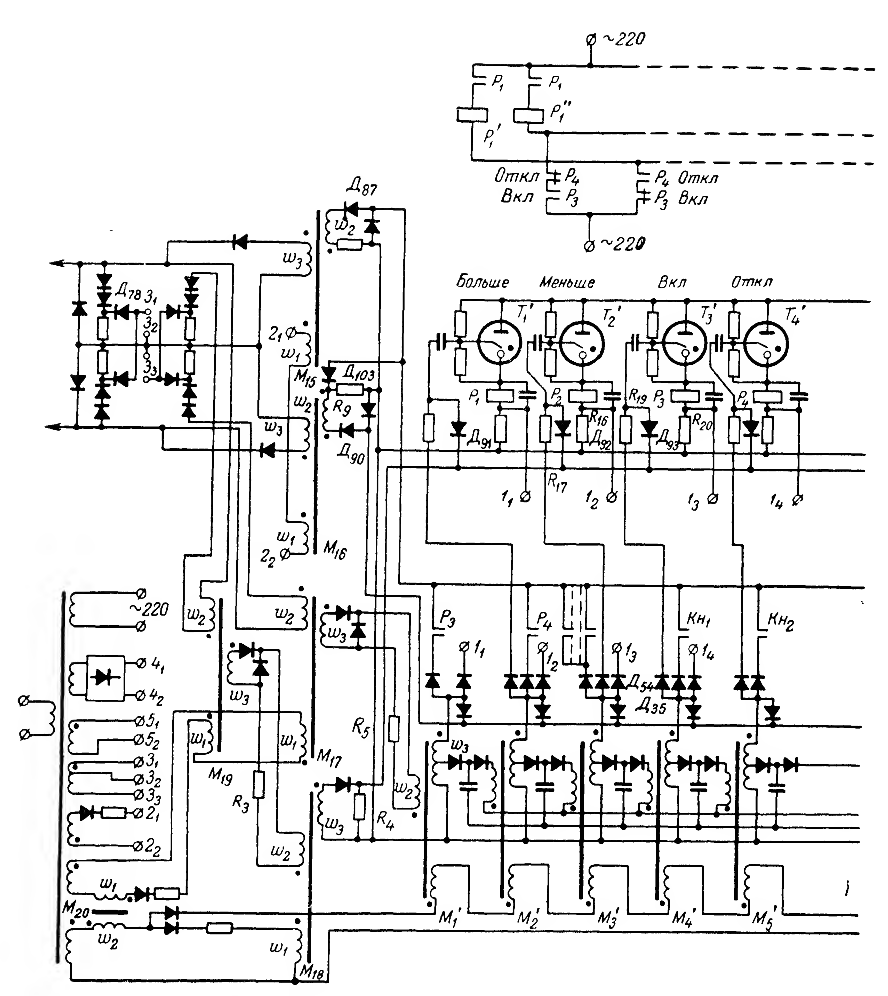
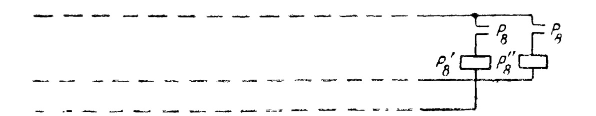


Рис. 6-6. Принципиальная схема *КП* системы ТЦМ-60М

чить» — M_5), один (M_6) общий для всех для получения контроля о выборе объекта, один (M_1) для передачи синхронизирующего импульса и звуковой сигнализации. Распределитель в системе отличается от описанного дополнительным сердечником (M_{15}), работающим в режиме насыщения; его обмотка включена в противофазе последовательно в общую шину выходных обмоток всех



с тиратронными выходными элементами.

элементов, вследствие чего импульсы помех на этих обмотках вычитаются.

Передача синхроимпульса в линию осуществляется линейным блоком (сердечник M_{21}), который подготавливается импульсом w_3M_1 через диод $Д_{36}$, точку K, по обмотке w_2, а считывается по обмотке w_1. Передача команд в линию производится линейным блоком команд

(сердечник M_{20}), который подготавливается по обмотке w_2 импульсами с общей шины l выходных обмоток элементов распределителей и считывается по обмотке w_1. Сигнализация с *КП* о том, что объекты отключены, передается импульсами отрицательной полярности и на *ПУ* принимается блоком памяти, состоящим из двух сердечников: малого сечения (для увеличения чувствительности схемы и соответственно увеличения дальности передачи) M_{18} и большего сечения (усилителя) M_{16}. Сигнализация с *КП* о том, что объекты включены, передается импульсами положительной полярности и на *ПУ* принимается блоком памяти, также состоящим из двух сердечников M_{19} и M_{17}.

Схемы совпадения для сигнализации выполнены на диодах и общих сопротивлениях R_{19} и R_{20}, включенных в выходные обмотки соответствующих блоков памяти. Если, например, объект отключен и ключ $Тб_1$ в положении «отключено» (положение соответствия), то тиратрон T_5 не горит, так как ток по цепи $нw_3M_7$—$Д_{53}$—T_5—$Тб_1$—$Д_{82}$—R_{19}—w_2M_{22} — точка P—wM_{15}—$кw_3M_7$ не проходит, так как диод $Д_{82}$ заперт положительным импульсом на R_{19}, который создается на M_{16}. Если тот же объект включится, то импульс на w_3M_{16} исчезнет и тиратрон T_5 зажжется (положение несоответствия — объект включен, а ключ в положении «отключено»). При переводе ключа в положение «включено» тиратрон гореть не будет, так как диод $Д_{88}$ будет заперт падением напряжения на R_{20}.

Звуковая сигнализация осуществляется следующим образом. Звук должен возникать лишь в моменты несоответствия, т. е. при загорании тиратрона; при этом диоды $Д_{82}$ и $Д_{88}$ оказываются незапертыми, ток с выходной обмотки элемента (например, M_7) протекает через тиратрон, R_{19} или R_{20} и по обмотке w_2 подготавливает M_{22}. При считывании импульс с w_3M_{22} через $Д_{73}$, C_{16} и $Д_{74}$, C_{17} зажигает тиратроны T_{15} и T_{16}. При этом включается реле P_1 и, замыкая свой контакт, включает звонок. Выключить звук можно только после гашения тиратрона T_{15}. Для этого на катодное сопротивление T_{15} подается положительный импульс с w_3M_1 (по цепи: точка l_1—R_{17}—$Д_{75}$—C_{18}—$Д_{77}$—R_7). Однако импульс по этой цепи не пройдет, так как конденсатор C_{18} заряжается от горящего тиратрона T_{16}, который в свою оче-

редь гасится с элемента M_2 (по цепи: I_2—$Д_{78}$—R_9). Если тиратрон T_5 перестал гореть (наступило соответствие), тогда считывание M_{22} не произойдет и T_{16} вновь не загорится, C_{18} разрядится, импульс с M_1 погасит T_{15} и выключит звук. Если T_5 еще горит, то M_{22} при считывании вновь зажжет погашенный T_{16}, емкость C_{18} разряжаться не будет, импульс с w_3M_1 не погасит тиратрон T_{15} и звук не выключится. При некоторых операциях, например телерегулировании, вызове *ТИ*, в звуковом сопровождении нет необходимости. Поэтому предусмотрено, что при нажатии кнопок K_1—K_8 навстречу обмотке w_2M_{22} включается в противофазе обмотка w_4M_{22}, запирающая подготовку M_{22}.

На рис. 6-6 и 6-7 представлены два варианта принципиальной схемы системы *КП*. Все блоки в схемах одинаковы, различаются они лишь в выходных элементах: на рис. 6-6 электромагнитные реле включаются тиратронами, а на рис. 6-7 магнитными реле (обе схемы описаны в гл. 4). Если тиратроны резервировать, то надежность обеих схем будет эквивалентна. В то же время стоимость тиратронной схемы меньше магнитной.

Рассмотрим схему на рис. 6-6. Схема состоит из блока выхода в линию *БВ*, распределителя (M'_1—M'_{14}), выходных элементов (схем на тиратронах T_1—T_8, включающих реле P_1—P_8), блоков памяти, для приема синхроимпульса и команд из двух сердечников M'_{17} и M'_{18}, M'_{19} соответственно, блоков передачи сигнализации о включении объекта (сердечник M'_{15}) и отключении (сердечник M'_{16}). Приходящий синхроимпульс по обмотке w_2 подготавливает $БП_{си}$. При считывании M'_{17} подготавливает по обмотке w_2 первый элемент распределителя, осуществляя тем самым синхронизацию распределителей *ПУ* и *КП*. Импульсы команд принимаются элементом M'_{19} (обмотка w_2), который затем готовит M'_{18}. Если, например, была подана команда на выбор реле объекта № 3, то импульс с $w_3M'_4$ пройдет через $Д_{55}$—R_{19}—C_{16} и зажжет тиратрон; по цепи R_{19}—$Д_{93}$—R_4—$кw_3M_4$ он не пройдет, так как при считывании M'_{18} на R_1 возникнет положительный потенциал, который запирает диод $Д_{93}$. При отсутствии команд диоды $Д_{91}$—$Д_{93}$ шунтируют тиратроны и они не загораются. По истечении цикла импульс с предыдущего сердечника ($нw_3M'_3$—$Д_{54}$ — точка I_3—R_{20}—$кw_3M'_3$) создает поло-

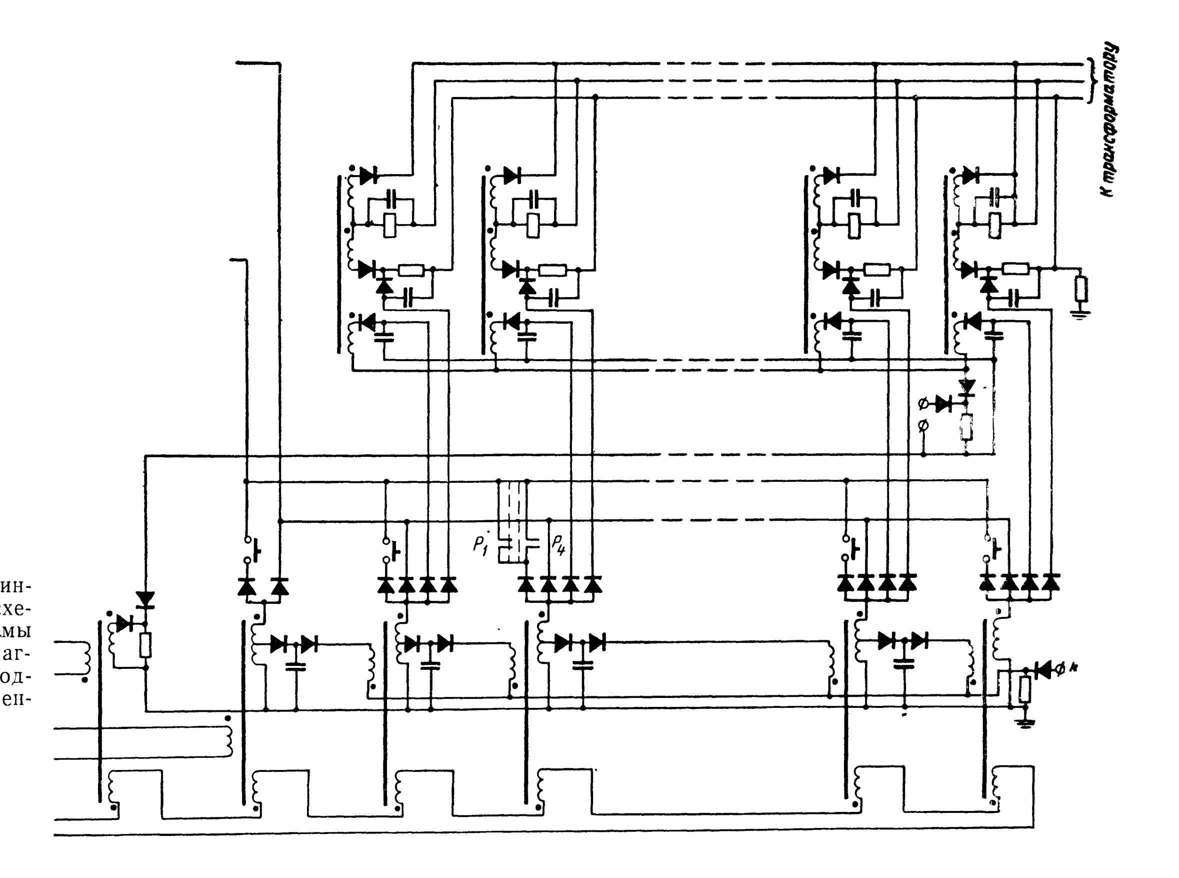


Рис. 6-7. Принципиальная схема системы ГЦМ-60М с магнитными выходными элементами.

жительный потенциал на R_{20} и гасит тиратрон T_3. Если команда не снята и продолжает поступать с *ПУ*, то через 20 *мсек* тиратрон снова включится; если команда снята, то тиратрон будет погашен.

При отключенных объектах импульсы выходных обмоток распределителя через диод $Д_{90}$ по обмотке w_2 готовят M'_{16}, который, считываясь, посылает с обмотки w_3 импульс в линию связи отрицательной полярности. При включении какого-либо объекта импульс с выходной обмотки распределителя через замкнутый контакт ($K_{н1}$—$K_{н8}$) и диод $Д_{87}$ готовит элемент M'_{15} по обмотке w_2 (одновременно этот импуль через диод $Д_{103}$ и сопротивление R_9 запрет диод $Д_{90}$ для протекания тока от импульса той же обмотки w_3 распределителя, благодаря чему элемент M'_{16} не будет подготовлен и отрицательный импульс в линию не пойдет). Элемент M'_{15}, считываясь, пошлет в линию положительный импульс сигнализации.

Сигнализация о включении реле объекта (P_1—P_8) осуществляется при замыкании контакта реле P_1—P_8 в цепи обмотки $w_3M'_3$. При этом подготавливается сердечник M'_{15}, который после считывания посылает в линию импульс.

На рис. 6-6 вверху представлена схема релейного выхода, т. е. включения реле объектов (P''_1—P''_8 включить и P'_1—P'_8 отключить). Если подана, например, команда: объект № 8 «отключить», то после выполнения команды: выбрать объект № 8 — загорится тиратрон T_8 и включится реле объекта P_8, которое замкнет свои контакты в схеме релейного выхода, подготовив условия для включения как реле P'_8, так и реле P''_8. После того как поданная команда характера операции (объект № 8 отключить) выполнится, включатся тиратрон T_4 и реле P_4, которое, замкнув свои контакты на схеме релейного выхода, включит реле P'_8. Реле P'_8 произведет отключение объекта № 8 или включит соответствующий контактор для этого. Такие или подобные схемы релейного выхода из-за своей универсальности используются во всех серийно выпускаемых устройствах ТУ—ТС широкого промышленного профиля, хотя для конкретных разработок при заранее известных параметрах управляемого объекта возможна разработка полностью бесконтактной схемы включения объекта.

В качестве исполнительного элемента на *КП*, кроме тиратронного реле, может быть использовано магнитное реле (если требуется большая выходная мощность). Такой вариант схемы *КП* показан на рис. 6-7. Общие блоки *КП* аналогичны блокам на рис. 6-6. Принцип действия и схема управления магнитным реле описаны в гл. 4.

6-3. СИСТЕМЫ ТУ-ТС ДЛЯ РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В этом параграфе приводятся схемы трех систем телемеханики для объектов с различным характером рассредоточенности.

Системы ТЦМ-4 удобно использовать в том случае, когда число объектов на *КП* превосходит общее число *КП*, причем число объектов на *КП* больше 20. Системы ТЦМ-5 и ТЦМ-6 используются в тех случаях, когда число объектов на *КП* меньше общего числа *КП*. Система ТЦМ-5 наиболее выгодна в том случае, когда число объектов на *КП* мало (меньше 10), а число *КП* очень велико (несколько десятков). Системы ТЦМ-6 выгодно применять при очень большом числе *КП* (несколько десятков) и при значительном числе объектов на *КП* (больше 20).

Система ТЦМ-4. Система, представленная на рис. 6-8 и 6-9, предназначена для контроля и управления объектами, расположенными на 15 *КП*, с числом объектов на каждом *КП* не более 28. Длительность и амплитуда импульса на выходе линейного блока (ЛБ) та же самая, что и в ТЦМ-59М

Число деталей на одну команду (без учета общих блоков):

магнитных элементов	0,37
диодов	4
тиратронов тлеющего разряда	1
конденсаторов	4
сопротивлений	4

Число деталей в общих блоках:

	ПУ	*КП*
магнитных элементов	13	12
диодов	201	66
тиратронов тлеющего разряда	8	4
конденсаторов	7	3
сопротивлений	87	41

Основу такой системы составляет многорядный распределитель. Многорядный распределитель позволяет получить весьма большое число временных позиций при малом количестве магнитных элементов. Имея большое число временных позиций, можно распределить их между несколькими *КП*, причем на каждом *КП* имеется распределитель на полное число временных позиций (такой же, как и на *ПУ*), но из них используется только часть, определенная для данного *КП*. Распределители всех *КП* работают синхронно с распределителем *ПУ*. Синхронизация осуществляется посылкой синхронизирующего импульса с многорядного распределителя *ПУ* одновременно на все многорядные распределители *КП*, причем предполагается наличие общей для всех *КП* и *ПУ* сети питания 50 *гц*. При такой структуре системы ТУ—ТС конфигурация линии связи может быть любой: радиальной или древовидной, это не влияет на структуру системы.

Наиболее выгодно применять такую систему в случае относительно небольшого числа *КП* (порядка 10) при большом числе контролируемых объектов на *КП* (порядка нескольких десятков). Примером может служить нефтепарк. В случае, когда число контролируемых объектов на *КП* очень мало (1—3), а число *КП* велико (порядка нескольких десятков или сотен), как, например, в случае нефтепроводов, применять описываемую систему нерационально из-за большого расхода магнитных элементов в распределителях.

Быстродействие такой системы зависит от общей емкости. При питании от сети с частотой 50 *гц* время прохождения команды составит $n \cdot 20$ *мсек*, где n — число временных позиций многорядного распределителя. При числе временных позиций больше 100 быстродействие системы исчисляется уже секундами. Однако для абсолютного большинства систем телемеханики быстродействие, определяемое даже десятками секунд, является вполне достаточным.

В качестве примера ниже приводится схема системы ТУ—ТС нефтехимкомбината. Система рассчитана на 15 *КП* по 28 команд на каждом (кроме одного *КП*, рассчитанного на 27 команд).

Многорядный распределитель этой системы состоит из четырех обычных однотактных распределителей, об-

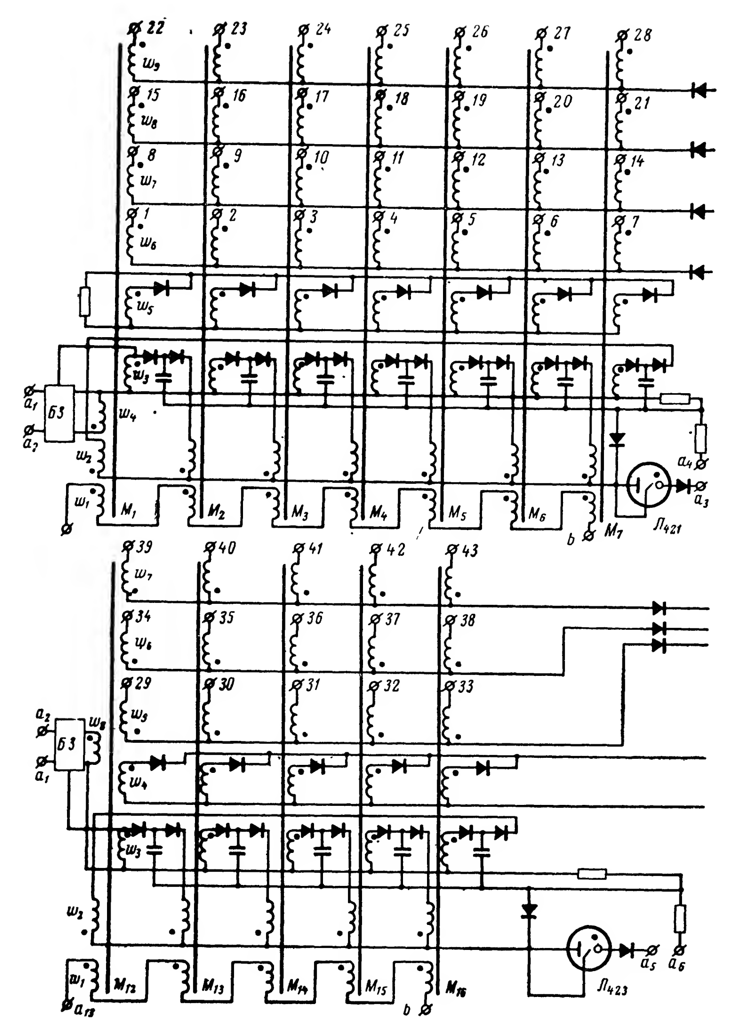
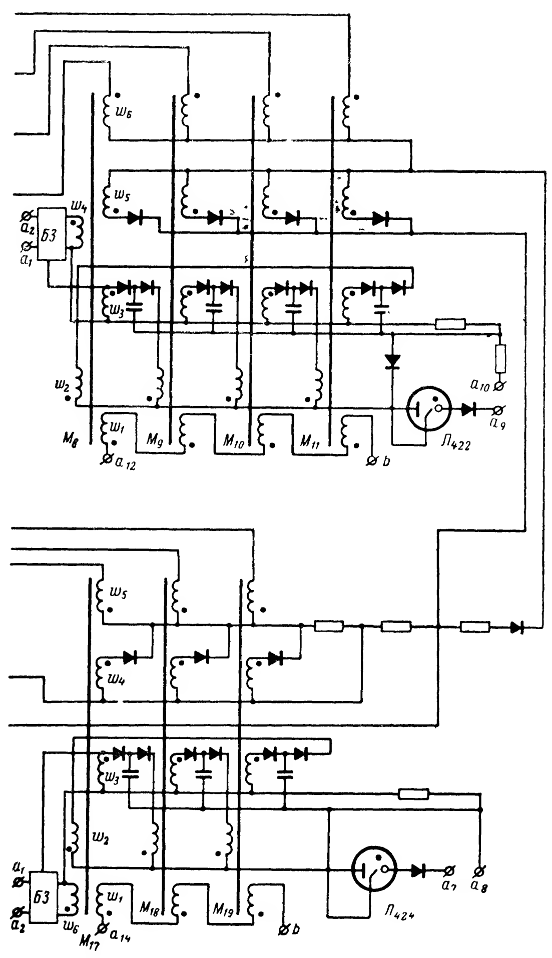


Рис. 6-8а. Многорядный

разующих четыре ряда со следующим числом элементов в ряду: первый ряд — 7 элементов, второй ряд — 4 элемента, третий ряд — 3 элемента, четвертый ряд — 5 элементов. Распределитель каждого ряда замкнут в кольцо.

Схема *ПУ* представлена на рис. 6-8а—г. Распреде-



распределитель *ПУ* системы ТЦМ-4.

литель *ПУ* выполнен на МЭППГ: первый ряд — M_1—M_7, второй ряд M_8—M_{11}, третий ряд — M_{17}—M_{19}, четвертый ряд — M_{12}—M_{16}.

Обмотки в четырехрядном распределителе соединены в две пирамиды (одна пирамида — первый и второй ря-

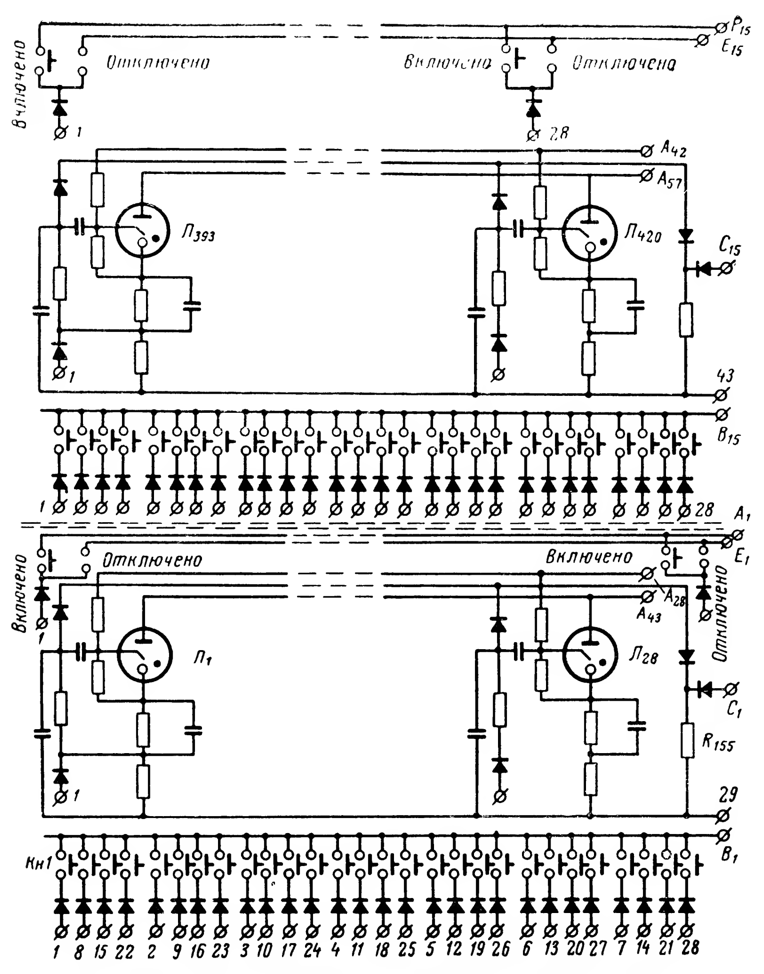


Рис. 6-8б. Блок регистрации сигнала *ПУ* системы ТЦМ-4.

ды и вторая — третий и четвертый ряды), между вершинами которых включено опорное напряжение. При таком соединении число выходных обмоток на каждом элементе первого ряда равно числу элементов распределителя второго ряда, т. е. четырем, а число выходных обмоток на элементе четвертого ряда равно числу элементов распределителя третьего ряда, т. е. трем. Эле-

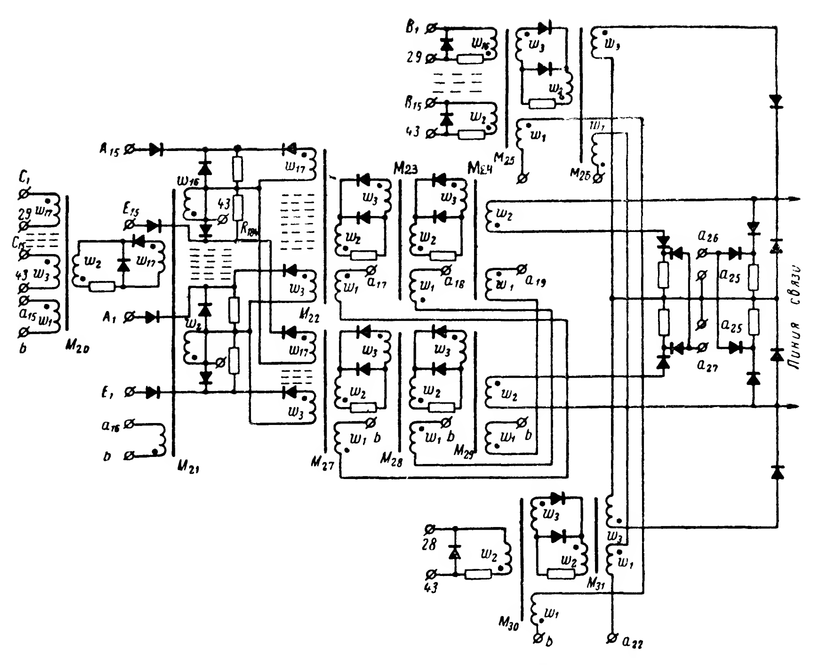


Рис. 6-8в. Линейные блоки *ПУ* системы ТЦМ-4.

менты распределителей второго и третьего рядов имеют по одной выходной обмотке. Кроме выходных обмоток, необходимых для снятия выходного импульса, элементы второго, третьего и четвертого рядов имеют еще по одной выходной обмотке, которая используется для снятия импульсов опорного напряжения.

Выходной импульс снимается между началом каждой выходной обмотки элементов первого ряда и концом каждой выходной обмотки элементов последнего ряда. Удобно считать, что имеется 15 общих точек для включения нагрузки (по числу выходных обмоток в 4-м ряду) и нагрузка включается между каждой выходной обмоткой и каждой общей точкой. Поэтому на полукомплектах *КП* временные позиции распределены так, что те из них, которые имеют общую точку, попадают на один *КП*. В противном случае на одном *КП* пришлось бы иметь несколько источников питания для исполнительных элементов. На *ПУ* приходится иметь 15 источников питания

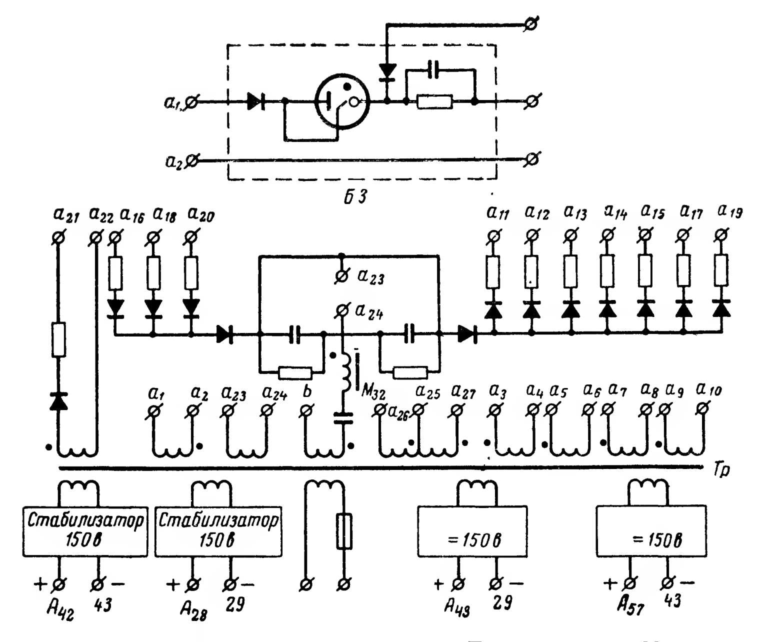


Рис. 6-8г. Блок питания и запуска *ПУ* системы ТЦМ-4.

для ячеек световой сигнализации. Так как ячейка световой сигнализации, выполненная на тиратроне с холодным катодом, потребляет весьма малый ток, то источники питания для световой сигнализации маломощны, и достаточно иметь на *ПУ* один питающий трансформатор.

Распределитель каждого ряда на *ПУ* замкнут в кольцо и имеет автозапуск. Линейный выходной блок синхронизирующего импульса выполнен на магнитных элементах M_{30} и M_{31} (рис. 6-8а—в) и работает, как описано выше. Линейный выходной блок команд выполнен на элементах M_{25} и M_{26}, особенность этого блока состоит в том, что элемент M_{25} имеет 15 обмоток записи (по числу общих точек). Линейный приемный блок *ПУ* выполнен на магнитных элементах M_{22}, M_{23}, M_{24} (для приема и усиления сигналов положительной полярности), M_{27}, M_{28}, M_{29} (для приема и усиления сигналов отрицательной полярности), M_{20} и M_{21}. Элементы M_{20} и M_{21} позволяют осуществить квитирование диспетчером получаемого сигнала. Элемент M_{21} имеет 15 обмоток записи, а элементы M_{22} и M_{27} имеют по 15 выходных обмоток.

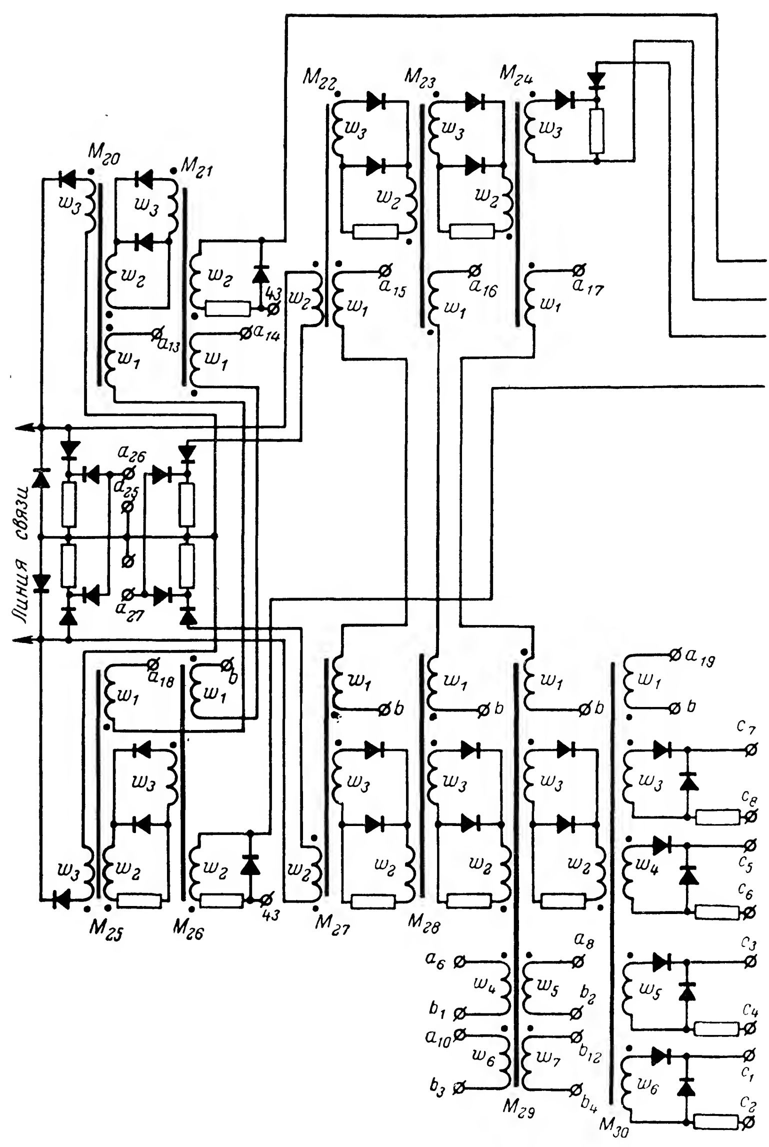
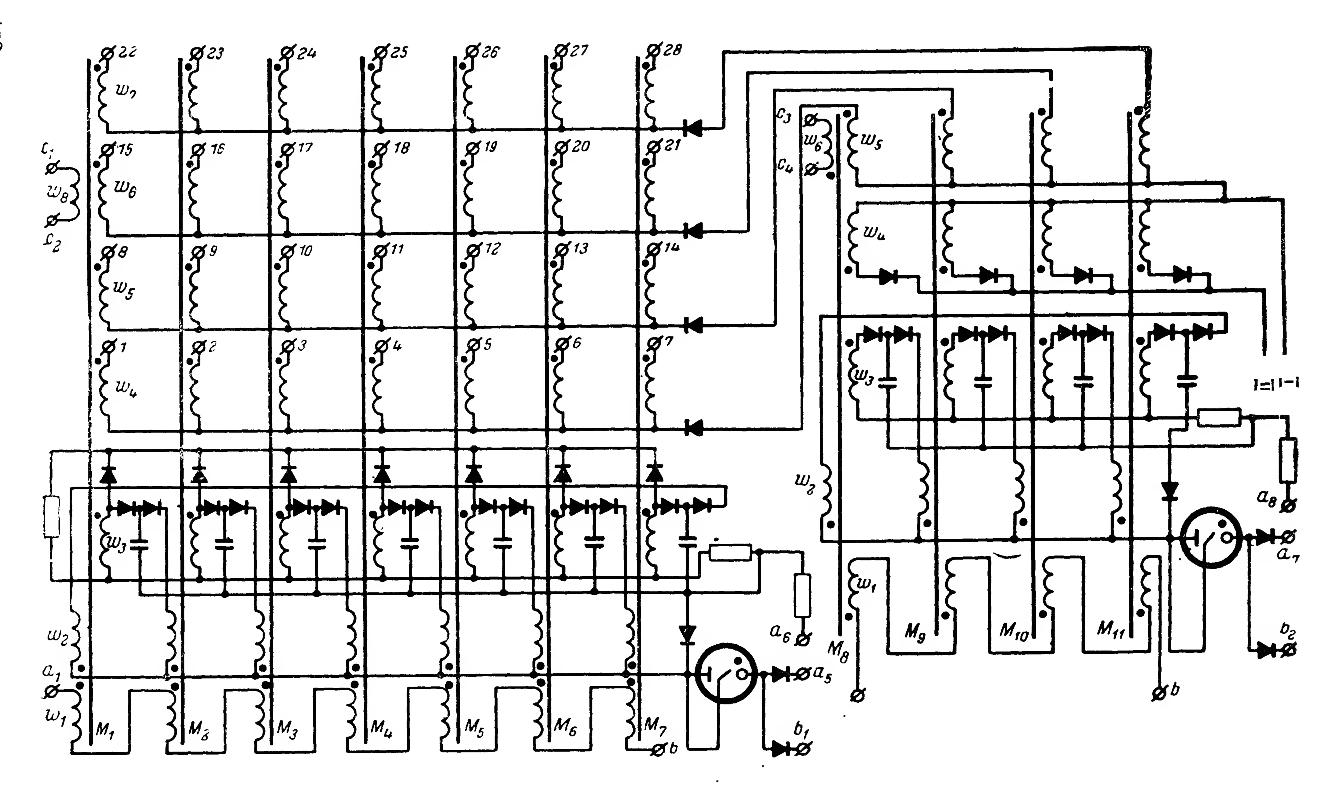


Рис. 6-9а. Линейные блоки *КП* системы ТЦМ-4.


22 23 24 25 26 27 28
w7
c1
w8
c2
15 16 17 18 19 20 21
w6
8 9 10 11 12 13 14
w5
1 2 3 4 5 6 7
w4
c3
w6
c4
w5
w4
w3
w2
w1
I=I I-I
a1 a5 a6 a7 a8
b1 b2
b
M1 M3 M3 M4 M5 M6 M7
M8 M9 M10 M11

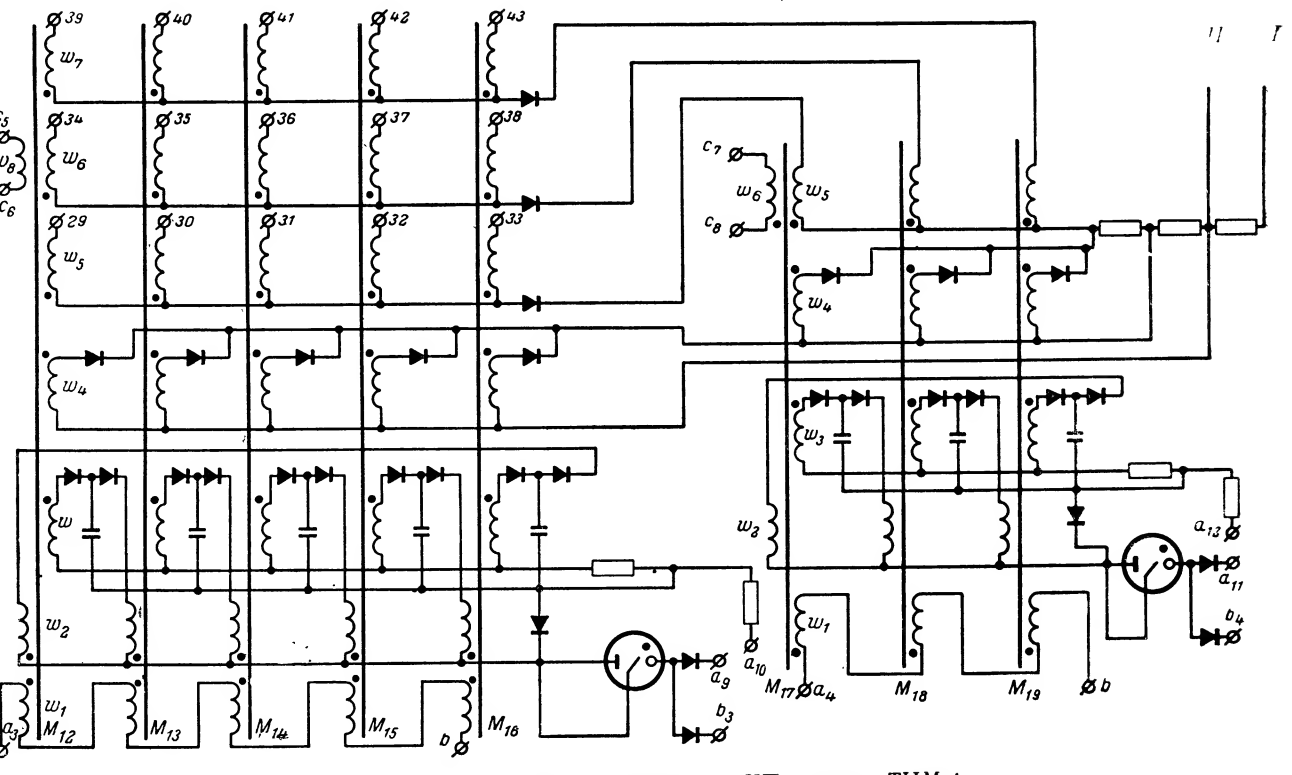


Рис. 6-96. Многорядный распределитель КП системы ТЦМ-4.

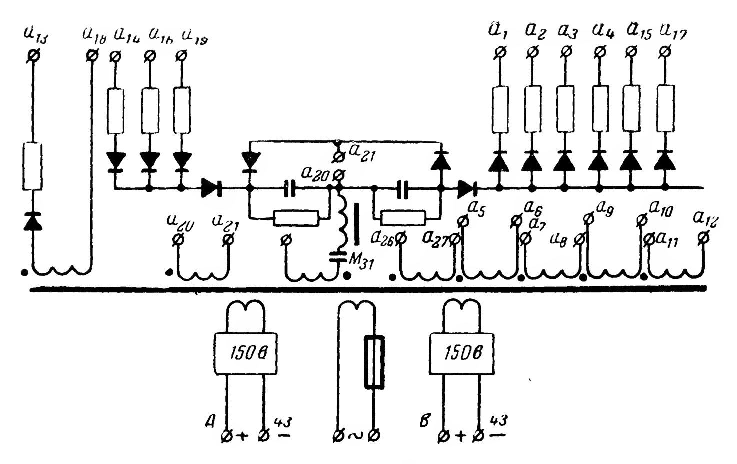


Рис. 6-9в. Блок питания *КП* системы ТЦМ-4.

А
В
1
Л1
C23
28
Л28
43
Включено
Отключено
K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7 K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15 K16 K17 K18 K19 K20 K21 K22 K23 K24 K25 K26 K27 K28
K′1 K′2 K′3 K′4 K′5 K′6 K′7 K′8 K′9 K′10 K′11 K′12 K′13 K′14 K′15 K′16 K′17 K′18 K′19 K′20 K′21 K′22 K′23 K′24 K′25 K′26 K′27 K′28
1 8 15 22 2 9 16 23 3 10 17 24 4 11 18 25 5 12 19 26 6 13 20 27 7 14 21 28

Рис. 6-9г. Выходные исполнительные элементы КП системы ТЦМ-4.

Запись по любой обмотке элемента M_{21} может производиться либо по шинам A_1—A_{15}, либо по шинам E_1—E_{15} в зависимости от положения диспетчерского ключа. Управление записью осуществляется с выходных обмоток элемента M_{22} или M_{27} в зависимости от состояния объекта, т. е. полярности импульса, поступающего из линии связи.

Система световой сигнализации выполнена по принципу «темного щита», т. е. световой сигнал возникает только в момент несоответствия между состоянием объекта и положением ключа. В момент соответствия лампа погашена и положение ключа «включен» или «отключен» указывает на состояние объекта. В качестве выходного блока сигнализации применена тиратронная ячейка. Ячейки соединены в линейки, по 28 в каждой. Каждая линейка соответствует определенному *КП* и имеет собственный источник питания.

Рассмотрим, каким образом работает схема при различных состояниях объекта и соответствующего ему ключа:

а) Объект включен, соответствующий ему ключ находится в положении «отключен» (положение несоответствия). Рассмотрим, например, первую ячейку сигнализации в пятнадцатой линейке тиратронов. Информация о включенном объекте (положительный импульс в линии связи) принимается и усиливается элементами M_{24}, M_{23}, M_{22}. Импульс с выходной обмотки распределителя (точка *1* на элементе M_1, рис. 6-8) поступает во время положительной полуволны синусоиды питания на вход соответствующей тиратронной ячейки (первая ячейка на 15-й линейке) и через ключ — на шину E_{15}. Этот импульс перемагничивает элемент M_{21} по его обмотке записи w_{16} через диод и сопротивление R_{184}. Импульс на выходной обмотке w_{17} элемента M_{27} отсутствует, а импульс на выходных обмотках M_{22} не препятствует подготовке элемента M_{21} по шинам E.

В следующий отрицательный полупериод синусоиды питания элемент M_{21} считывается и перемагничивает элемент M_{20}. В следующий положительный полупериод синусоиды питания элемент M_{20} считывается и на его выходных обмотках возникает импульс, который совпадает во времени с тем импульсом распределителя, который поступит с обмотки распределителя (точка *9* на

схеме) на шестую тиратронную ячейку первой линейки (так как распределитель сдвинулся на одну временную позицию). Импульс с обмотки элемента M_{20}, выделяясь на сопротивлении R_{155}, запирает диод и тем самым заставит вспыхнуть тиратрон $Л_6$, на вход которого в этот момент поступает импульс с распределителя. Из всего сказанного видно, что импульс через ключ, соответствующий данной тиратронной ячейке, поступает на схему совпадения с предыдущей временной позиции распределителя. Так как система циклическая, то это влияет только на нумерацию ключей и сигнальных ламп.

б) Объект отключен, соответствующий ему ключ в положении «включен» (положение несоответствия). Схема работает аналогично рассмотренному выше положению несоответствия с той лишь разницей, что элемент M_{21} готовится с шины A_{15}, а отрицательный импульс из линии связи принимается и усиливается элементами M_{29}, M_{28}, M_{27}.

в) Объект отключен, ключ в положении «отключено» (положение соответствия). Импульсы с распределителя по шине E_{15} не могут перемагнитить элемент M_{21}, так как импульс на выходной обмотке w_{17} элемента M_{27}, выделяясь на сопротивлении R_{184}, препятствует протеканию тока через обмотку записи w_{16} элемента M_{21}. В следующий такт работы распределителя, когда импульс поступит на вход ячейки $Л_6$ на первой линейке тиратронов, импульс на сопротивлении R_{155} с выходной обмотки w_{17} элемента M_{20} отсутствует, вход тиратрона шунтирован и тиратрон не загорается.

г) Объект включен, ключ в положении «включено». Схема работает аналогично п. «в».

Схема *КП* представлена на рис. 6-9. Распределитель на каждом *КП* аналогичен распределителю на *ПУ*, имеет те же ряды с тем же числом элементов в ряду и с тем же числом выходных обмоток на каждом элементе. Отличие распределителей *КП* от распределителя *ПУ* состоит в отсутствии автозапуска на каждом распределителе каждого ряда. Все четыре ряда распределителей на всех *КП* запускаются одновременно синхронизирующим импульсом с распределителя *ПУ*, причем синхронизирующий импульс выполняет две функции: сначала сбрасывает на нуль распределители всех *КП* и только потом запускает их. Прием и усиление синхрони-

зирующего импульса осуществляются элементами M_{27}, M_{28}, M_{29} и M_{30} (см. схему КП на рис. 6-9а, б).

Сброс на нуль распределителей всех рядов происходит следующим образом. Элемент M_{29}, имеющий четыре выходные обмотки, считывается в тот полупериод, когда конденсатор в цепи связи распределителя заряжается, в этот момент тиратрон в цепи связи распределителя погашен и цепь разряда конденсатора разорвана. Если в этот полупериод на выходных обмотках M_{29}, включенных в катодные цепи тиратронов цепей связи распределителей-рядов, появится импульс, то, складываясь с напряжением на конденсаторе в цепи связи, этот импульс подожжет тиратрон; создастся цепь разряда, и тот конденсатор в цепи связи распределителя, на котором был заряд, разрядится, что приведет к сбросу соответствующего распределителя-ряда. Сброс нужен в том случае, если по какой-либо причине распределители стали работать несинхронно.

Запуск распределителей-рядов на *КП* осуществляется с четырех выходных обмоток элемента M_{30}. Линейный приемный блок команд выполнен на элементах M_{22}, M_{23}, M_{24}, а линейные выходные блоки на элементах M_{20} и M_{21} (для положительных импульсов) и M_{25} и M_{26} (для отрицательных импульсов). Передача информации о состоянии объекта импульсами разной полярности позволяет осуществлять в случае необходимости контроль за состоянием трехпозиционных объектов.

Рассмотрим теперь пример посылки одной команды (рис. 6-10). Индексы над импульсами означают номера работающих элементов многорядного распределителя. Например, индекс 7435 означает, что в первом ряду распределителя работает седьмой элемент, во втором — четвертый, в третьем — третий и в четвертом — пятый элемент. Синхронизирующий импульс поступает в линию связи с последней позиции (снимается между точками *28* и *43*) распределителя. Синхронизирующий импульс претерпевает сдвиг на один период питающего напряжения в выходном линейном блоке *ПУ* и сдвиг на два периода в линейном приемном блоке *КП*. Поэтому распределители на *ПУ* и *КП* работают со сдвигом на пять полупериодов (рис. 6-10). Импульс команды также сдвигается в линейном блоке *ПУ* на один период и в приемном блоке *КП* на три полупериода. Поэтому команда

посланная, например, с первой временной позиции распределителя *ПУ* (точки *1—29*) совпадает во времени с первой временной позицией распределителя на *КП*.

На временной диаграмме (рис. 6-10) изображена команда с первой временной позиции распределителя *ПУ*, которая посылается в линию связи нажатием

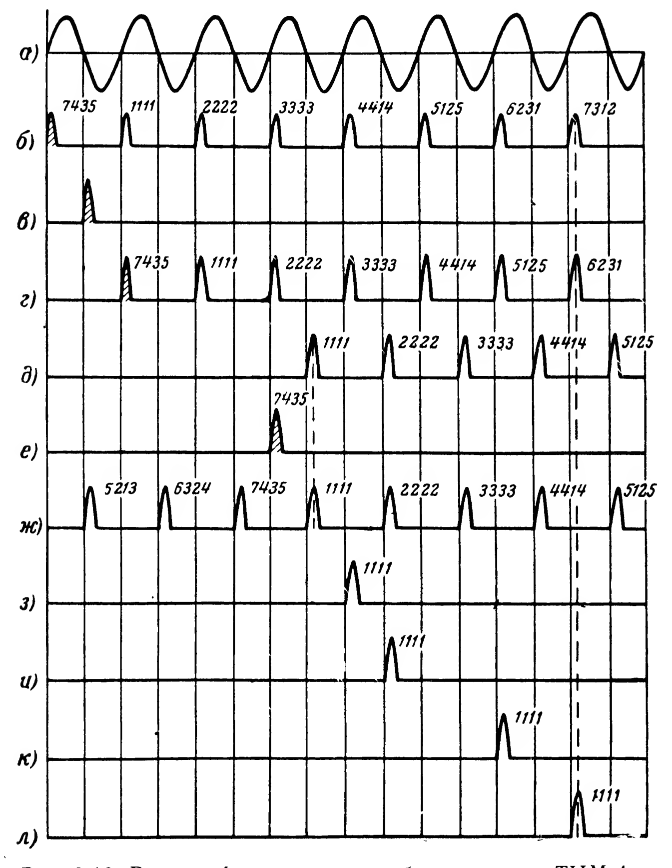


Рис. 6-10. Временна́я диаграмма работы системы ТЦМ-4.

а — синусоида питающего напряжения; *б* — работа распределителя *ПУ*; *в* — синхроимпульс на выходе элемента M_{30}; *г* — импульсы команд и синхроимпульс в линии связи; *д* — импульсы на выходе приемного линейного блока *КП*; *е* — синхроимпульс на выходе приемного линейного блока *КП*; *ж* — распределитель *КП*; *з* — импульс с временно́й позиции 1111 на выходе элемента M_{21} на *КП*; *и* — импульс с временно́й позиции 1111 *КП* в линии связи; *к* — импульс с временно́й позиции 1111 *КП* на выходе M_{22} на *ПУ*; *л* — импульс на выходе M_{20} *ПУ*.

кнопки *Кн1*. На *КП* импульс команды с выходной обмотки элемента распределителя M_{24} совпадает с импульсом, снимаемым между точками *1—29*; это означает, что диод заперт и конденсатор C_{23} заряжен. При разряде конденсатора тиратрон $Л_1$ загорается (см. § 4-2). При зажигании тиратрона $Л_1$ срабатывает включенное в его анодную цепь электромагнитное реле и своими контактами включает объект. При этом замыкается контакт K_1 (рис. 6-9) и импульс с первой временной позиции распределителя *КП* (в следующем цикле) через контакт K_1 по шине поступает в обмотку записи элемента M_{21}. С выходной обмотки усиленный и сформированный импульс сигнализации поступает в линию связи, причем он имеет положительную полярность. На стороне *КП* импульс сигнализации претерпевает сдвиг в один период синусоиды питающего напряжения. На стороне *ПУ* импульс принимается элементом M_{24}, затем усиливается элементами M_{23} и M_{22}. Так как до подачи импульса команды объект был отключен и соответствующий ему квитирующий ключ находится в состоянии «отключено», то имеется положение несоответствия, рассмотренное выше. В этом случае элемент M_{21} подготавливается и при считывании готовит элемент M_{20}, что в свою очередь приводит к зажиганию тиратрона. Сигнализирующий импульс на стороне *ПУ* претерпевает сдвиг на пять полупериодов, т. е. импульс с первой временной позиции распределителя *КП* совпадает по времени на стороне *ПУ* с седьмой позицией распределителя *ПУ* (см. рис. 6-10). Импульс, посланный с *КП1*, зажжет тиратрон на седьмой линейке (общая точка *30*). Таким образом, вся седьмая линейка тиратронов на *ПУ* сигнализирует о состоянии объектов *КП1*. Управляющие импульсы на *КП1* с *ПУ* посылаются с временных позиций, имеющих общую точку *29*.

Теперь, чтобы сквитировать сигнал, диспетчер должен перевести соответствующий ключ в положение «включено». Как уже указывалось, импульс с выхода распределителя, поступающий через диспетчерский ключ на обмотку записи M_{21}, подается с временной позиции распределителя, предшествующей той, с которой импульс подается на вход тиратрона, соответствующего данному ключу. В данном случае диспетчер должен сквитировать сигнал ключом, через контакты которого

поступает импульс с временной позиции, соответствующей общей точке *39*. Все ключи, квитирующие сигналы с *КП1*, подсоединены к тем выходам распределителя, которые имеют общую точку *39*. Соответственно, если *КП2* имеет емкость тоже не более 28 команд, то импульсы управления с *ПУ* на *КП2* посылаются с временных позиций, имеющих общую точку *35*; сигнализирующие импульсы на стороне *ПУ* будут совпадать по времени с импульсами с тех временных позиций, которые имеют общую точку *36*, т. е. *КП2* соответствует 8-я линия тиратронов на *ПУ*, а ключи, квитирующие сигналы с *КП2*, подсоединены к выходам распределителя, имеющим общую точку *30*.

Система ТЦМ-5. В ряде случаев число контролируемых пунктов (*КП*) может быть очень велико — более нескольких десятков, а число контролируемых объектов на каждом *КП* мало (например, не превышает десяти), тогда применение описанной ранее системы ТУ—ТС для рассредоточенных объектов представляется нерациональным. Действительно, если, например, нужно контролировать 60 *КП*, причем на каждом *КП* имеется не более шести объектов, то при применении описанной ранее системы на каждом *КП* пришлось бы иметь многорядный распределитель на общее число временных позиций, т. е. на 60×6=360. Для данного примера по числу магнитных элементов наиболее экономичным будет многорядный распределитель на 420 временных позиций с семью элементами в первом ряду, с тремя — во втором, с четырьмя — в третьем и с пятью — в четвертом, т. е. весь распределитель будет содержать 19 магнитных элементов.

Таким образом, на один объект на каждом *КП* будет приходиться три магнитных элемента без учета линейных блоков.

Для системы, изображенной на рис. 6-11 и 6-12, имеется следующее число деталей.

Число деталей на одну команду (без учета общих блоков):

магнитных элементов	0,65
диодов	5
тиратронов тлеющего разряда	1
конденсаторов	3
сопротивлений	7

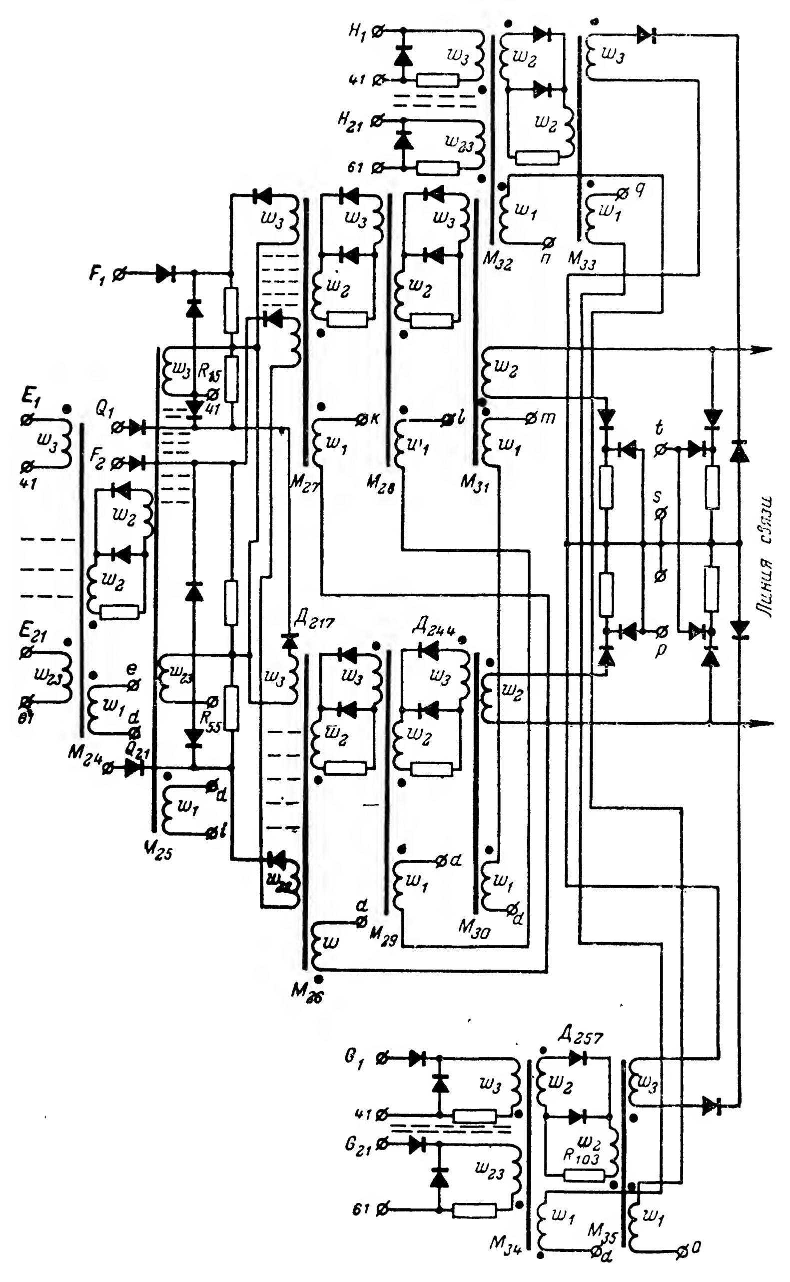
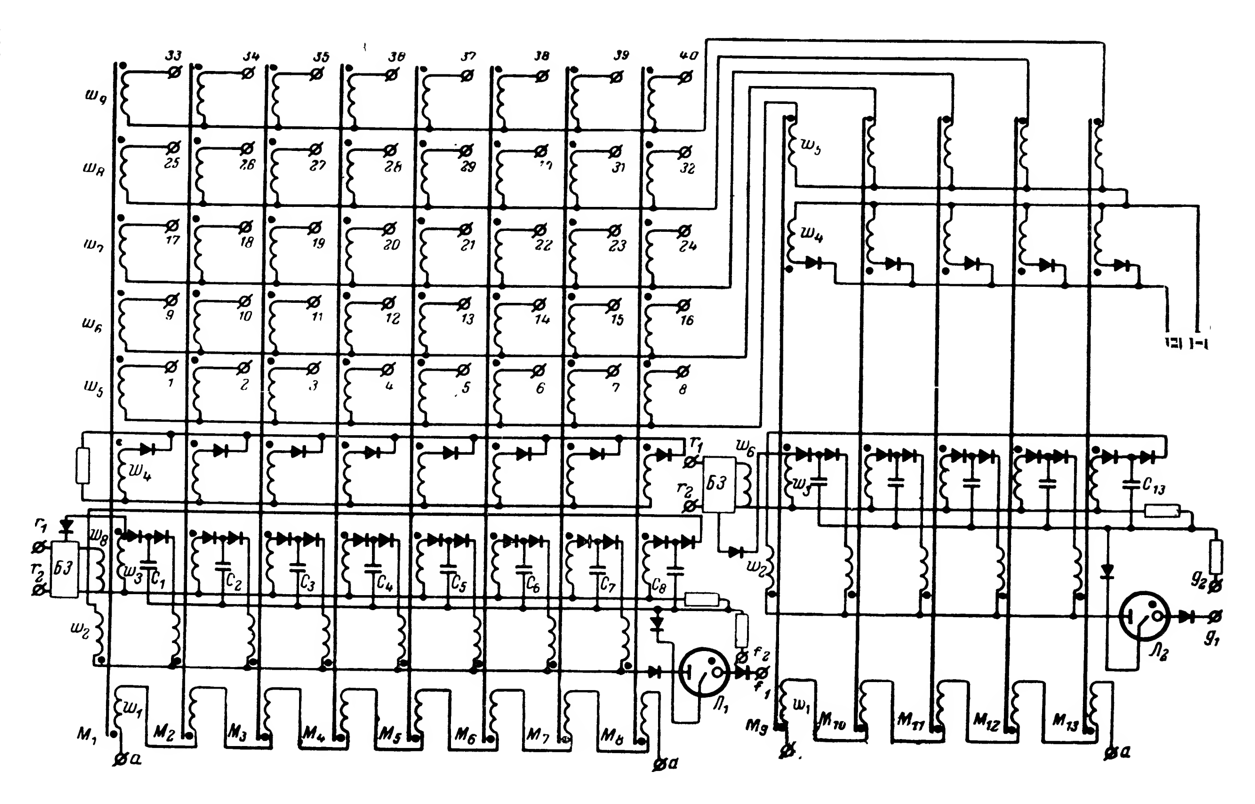


Рис. 6-11а. Линейные блоки *ПУ* системы ТЦМ-5.



w_9
w_8
w_7
w_6
w_5
w_4
w_3
w_2
w_1
w_8
w_6
M_1
M_2
M_3
M_4
M_5
M_6
M_7
M_8
M_9
M_{10}
M_{11}
M_{12}
M_{13}
C_1
C_2
C_3
C_4
C_5
C_6
C_7
C_8
C_{13}
БЗ
$Л_1$
$Л_2$
g_1
g_2
f_1
f_2
r_1
r_2
a

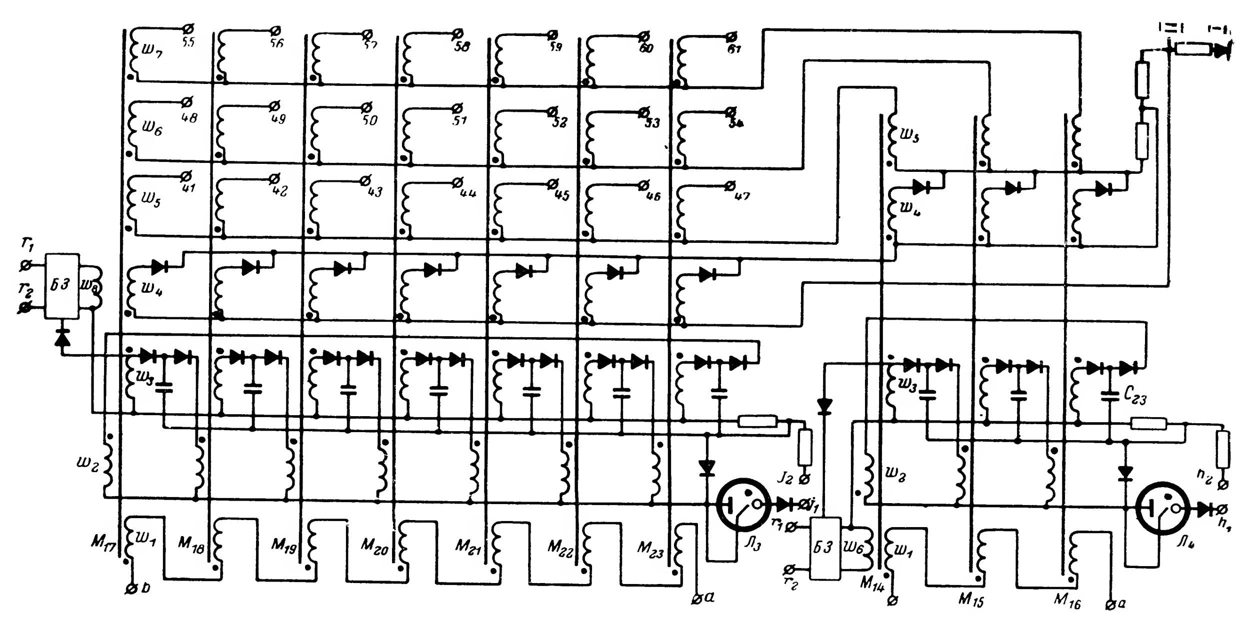


Рис. 6-11б. Многорядный распределитель ПУ системы ТЦМ-5.

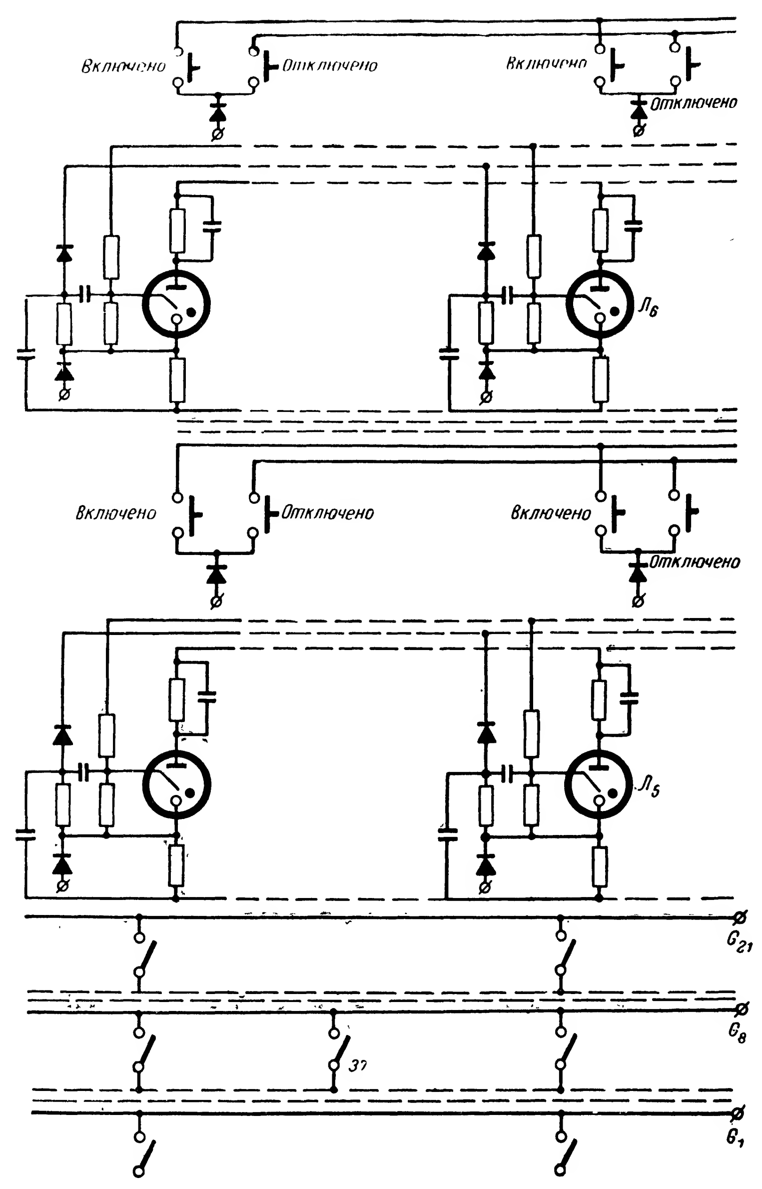
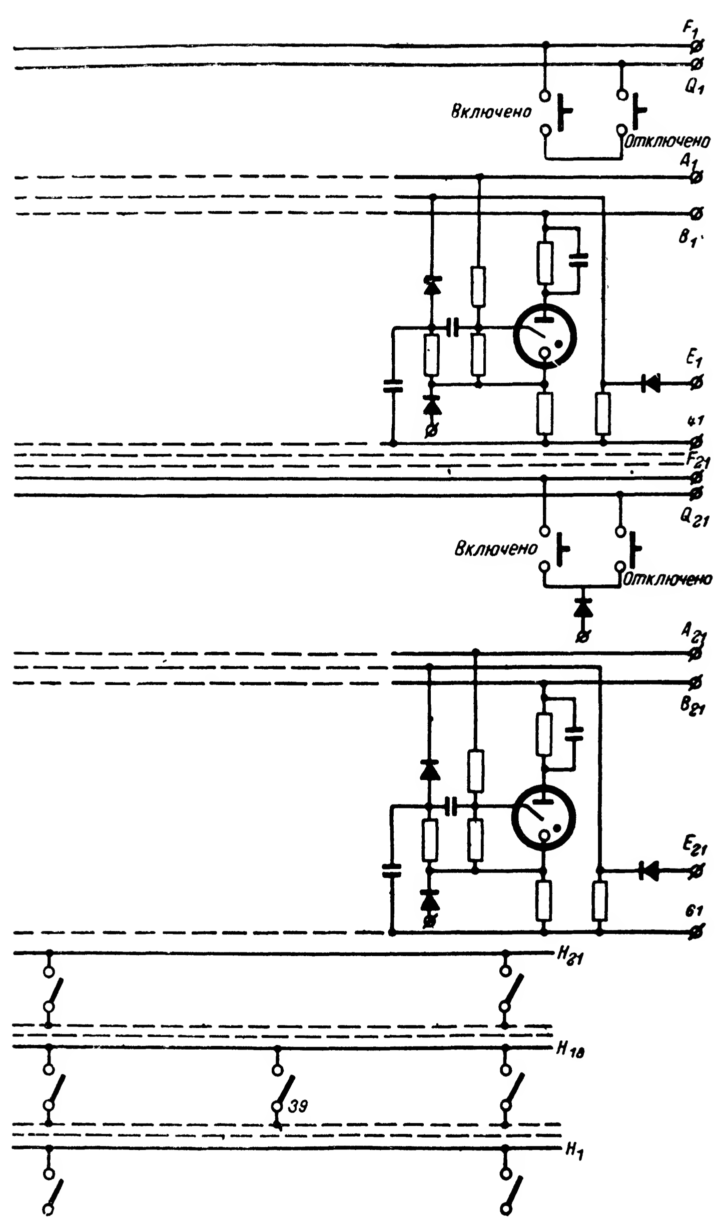


Рис. 6-11в. Блок регистрации



сигнала ПУ системы ТЦМ-5.

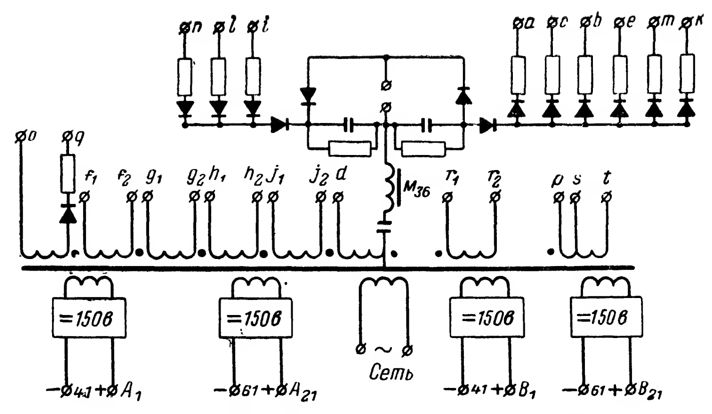


Рис. 6-11г. Блок питания *ПУ* системы ТЦМ-5.

Число деталей в общих блоках:

	ПУ	*КП*
магнитных элементов	13	12
диодов	210	52
тиратронов тлеющего разряда	8	1
конденсаторов	8	2
сопротивлений	87	28

Рассмотрим принцип действия этой системы на конкретном примере. Пусть имеется 60 *КП* с максимальным числом объектов на каждом *КП*, равным пяти. Линия связи в общем случае может быть древовидной с параллельным присоединением к ней *КП*. Все *КП* вызываются с *ПУ* поочередно. Для этого с *ПУ* во время положительной полуволны синусоиды питания подаются в линию связи отрицательные импульсы, составляющие двоичный кодовый сигнал (рис. 6-13). На *КП* этот сигнал дешифруется, и если данная кодовая комбинация соответствует той, на которую настроен дешифратор на данном *КП*, этот *КП* запускается. Во время следующих временных позиций происходит опрос объектов этого *КП*, причем команды управления с *ПУ* на этот *КП* подаются в линию связи во время положительной полуволны синусоиды питания положительными импульсами, а импульсы сигнализации с *КП* на *ПУ* передаются во время отрицательной полуволны синусоиды питания отрицательными импульсами, если соответствующий объект на

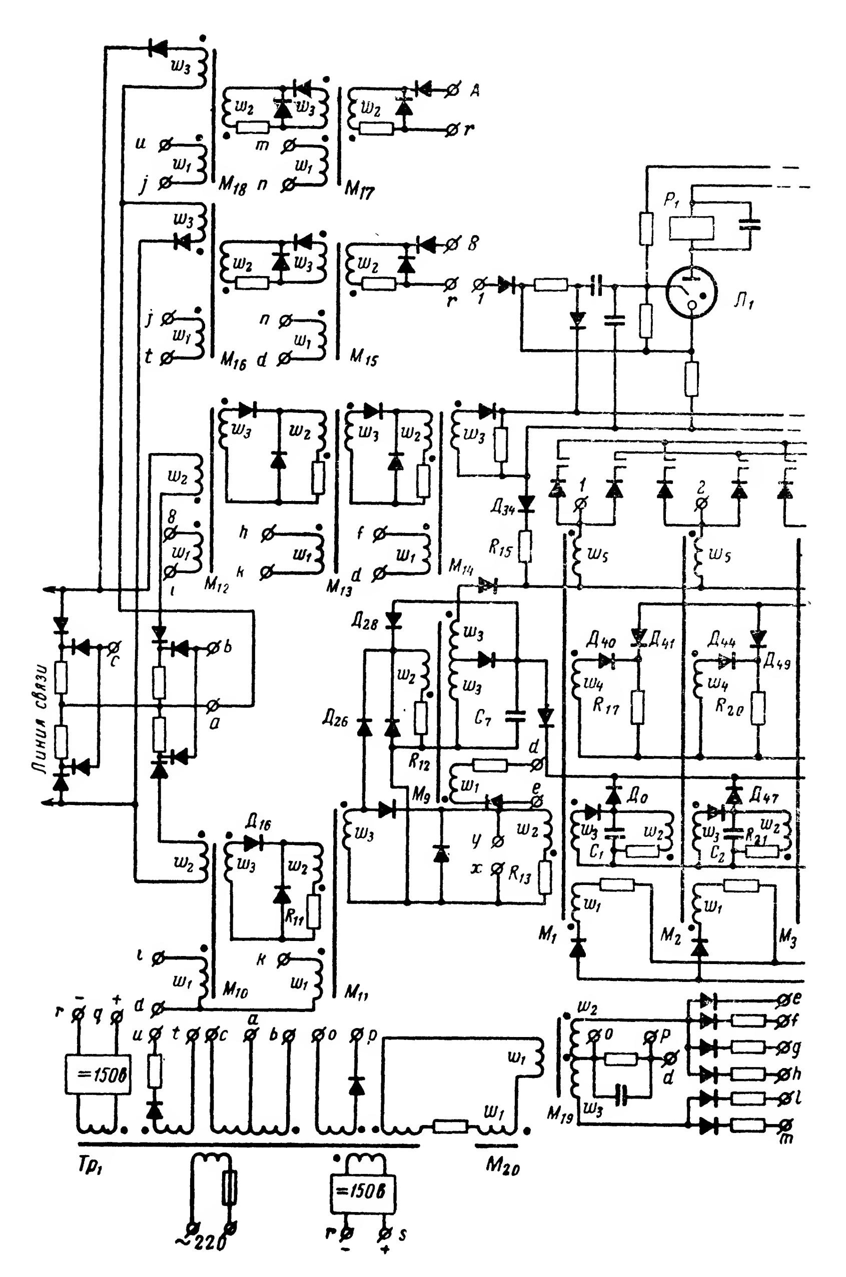
КП отключен, или положительными импульсами, если соответствующий объект включен. После опроса всех объектов вызванного *КП* с *ПУ* вновь посылается новый двоичный кодовый сигнал и вызывается следующее *КП*.

На рис. 6-13 показана кодовая комбинация, вызывающая *КП27*. Первый отрицательный импульс в кодовой посылке является опорным и посылается вне зависимости от кода, а остальные шесть импульсов составляют в двоичной системе счисления номер вызываемого *КП* (в данном случае число 27). Положительные импульсы, отмеченные на рис. 6-13 цифрами 1—7, соответствуют импульсам команд с *ПУ* на *КП27*. Семь импульсов *1′—7′* являются импульсами сигнализации, они поступают в линию связи во время отрицательных полуволн синусоиды питания. Таким образом, для передачи информации с *ПУ* на *КП27* отводится 14 периодов синусоиды питания. Следующие 14 позиций отводятся для передачи информации на *КП28* и т. д.

Так как выбор *КП* осуществляется двоичным кодом на все сочетания, то если имеется *А КП*, то код должен содержать n элементов, где n — ближайшее целое число, определяемое из выражения $n = \lg_2 2A$. Будем считать, что данная система ТУ—ТС применяется только в том случае, если n—2 больше или равно максимальному числу контролируемых объектов на любом *КП*. Тогда полное число временных позиций в системе определится как $2n \cdot A$ или $2A \lg_2 \cdot 2A$.

В данном примере $n = \lg_2 \cdot 2A = \lg_2 \cdot 120 \approx 7$, тогда суммарное число временных позиций для всей системы будет равно $14 \cdot 60 = 840$. Следовательно, распределитель на *ПУ* должен быть построен на 840 временных позиций, или, применяя многорядный распределитель, получим в первом ряду многорядного распределителя 8 элементов, во втором — 5, в третьем — 3, и в четвертом—7, т. е. всего $8 \times 5 \times 3 \times 7 = 840$ временных позиций; общее число элементов в распределителе на *ПУ* равно $8+5+3+7=23$. Если в качестве источника питания использовать промышленную сеть переменного тока 50 *гц*, то время действия системы (продолжительность цикла) будет равно $840 \cdot 0{,}02 = 16{,}8$ *сек*.

На рис. 6-11 представлена принципиальная схема полукомплекта *ПУ*. На магнитных элементах M_1—M_8, M_9—M_{13}, M_{14}—M_{16}, M_{17}—M_{23} собраны соответственно


Линия связи
M1
M2
M3
M9
M10
M11
M12
M13
M14
M15
M16
M17
M18
M19
M20
Tp1
Л1
P1
Д16
Д26
Д28
Д34
Д40
Д41
Д44
Д47
Д49
R11
R12
R13
R15
R17
R20
R21
C1
C2
C7
=150в
=150в
~220

первый, второй, третий и четвертый ряды многорядного распределителя. Каждый ряд имеет свой блок автозапуска *БЗ*. Начала обмоток первого ряда распределите-

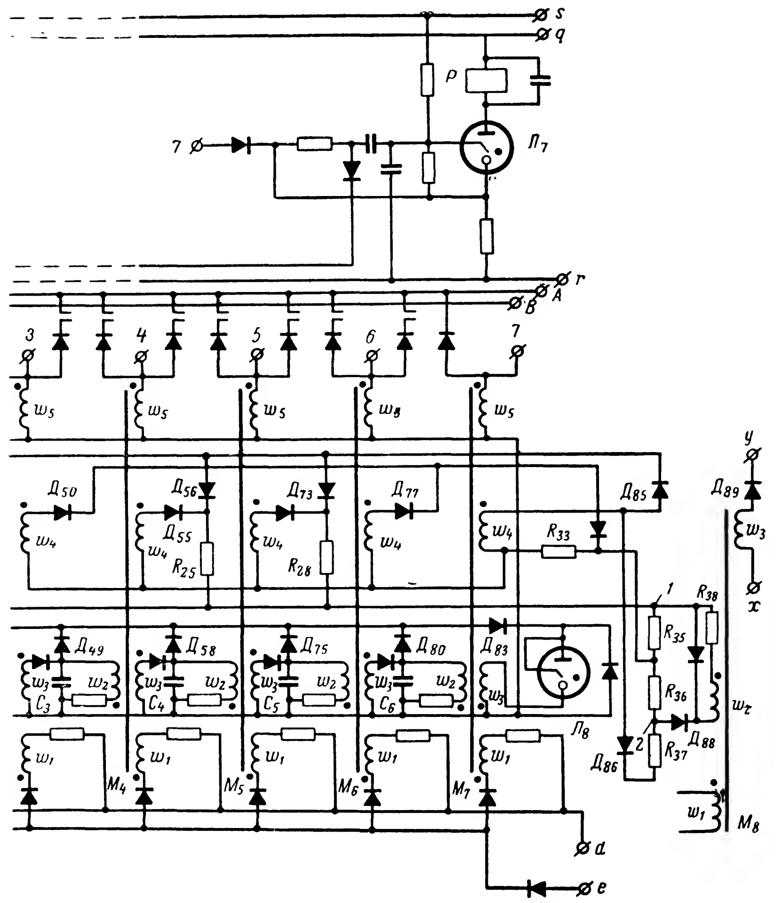


Рис. 6-12. Принципиальная схема *КП* системы ТЦМ-5.

ля, имеющие номера от 1 до 40, являются выходами многорядного распределителя, а концы обмоток четвертого ряда, имеющие номер от 41 до 61, являются общими точками этих выходов. Магнитные элементы M_{34}, M_{35} и M_{32}, M_{33} являются соответственно линейными блоками (*ЛБ*) передачи отрицательных и положительных импульсов в линию связи. На магнитных элементах

M_{24}—M_{31} собран линейный блок приема отрицательных и положительных импульсов сигнализации. Работа этого блока, так же как и блока световой сигнализации, аналогична работе такого же блока в описанной ранее системе ТУ—ТС для рассосредоточенных объектов (ТЦМ-4). На магнитном элементе M_{36} собран дроссельный формирователь тактовых импульсов.

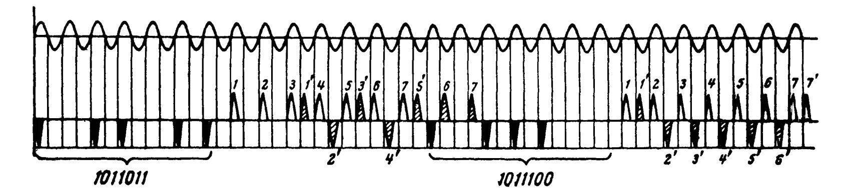


Рис. 6-13. Временная диаграмма работы системы ТЦМ-5.

На рис. 6-12 приведена принципиальная схема полукомплекта *КП*. На магнитных элементах M_1—M_7 собран однотактный распределитель на семь элементов. Отличительная особенность данного однотактного распределителя—это возможность продвижения в нем одновременно нескольких единиц. Для этого необходимо на каждом магнитном элементе сделать индивидуальные цепи связи и цепи питания, в противном случае при продвижении в распределителе одновременно нескольких единиц амплитуда выходного импульса из-за последовательного соединения обмоток питания должна будет уменьшиться в число раз, соответствующее числу продвигаемых по распределителю единиц, и примерно во столько же раз уменьшится и длительность импульса (из-за общего сопротивления в цепи связи). Магнитные элементы M_{15}, M_{16} и M_{17}, M_{18} представляют собой выходные линейные блоки передачи в линию связи соответственно отрицательных, если данный объект отключен, или положительных, если объект включен, импульсов сигнализации. На магнитных элементах M_{10}, M_{11} собран приемный линейный блок отрицательных импульсов, передаваемых с *ПУ*, а на элементах M_{12}—M_{14} собрана схема приема положительных импульсов команд из линии связи. На магнитных элементах M_{20}, M_{19} собран дроссельно-трансформаторный формирова-

тель тактовых импульсов. На тиратронах $Л_1$—$Л_7$ собраны выходные исполнительные элементы, принцип работы которых описан ранее.

Рассмотрим более подробно совместную работу полукомплекта *ПУ* и одного полукомплекта *КП*, имеющего, например, номер 27. Определим, какие временные позиции на многорядном распределителе отведены для работы с *КП27*. Как было показано ранее, на одно *КП* отводится *14* временных позиций, поэтому временные позиции, относящиеся к *КП27*, будут лежать в пределах $26 \cdot 14 + 1 = 365$ и $365 + 13 = 378$. Первые семь позиций 365—371 отводятся под передачу кодового сигнала вызова *КП27*. Код, который нужно послать в линию связи, показан на рис. 6-13, т. е. на линейный блок передачи отрицательных импульсов нужно послать импульсы с 365, 367, 368, 370 и 371-й временной позиции (1011011). Для этого необходимо определить, между какими точками многорядного распределителя снимаются импульсы, соответствующие этим временным позициям. К 365-й временной позиции распределитель первого ряда многорядного распределителя, имеющий 8 элементов, сделает ($365 : 8 = 45 \cdot 8 + 5$) 45 полных оборотов, и к этой позиции будет считываться пятый элемент. Точно также найдем, что во втором ряду будет считываться ($365 : 5 = 72 \cdot 5 + 5$) пятый элемент, в третьем ($365 : 3 = 121 \cdot 3 + 2$) — второй и в четвертом ($365 : 7 = 52 + 1$) — первый элемент. Таким образом, импульс, соответствующий 365-й временной позиции, будет сниматься между началом обмотки w_9 элемента M_5 (точка *37*) и концом обмотки w_6 элемента M_{17} (точка *48*). Аналогичным образом определим, между какими точками снимаются импульсы, соответствующие другим временным позициям. Эти результаты сведены в табл. 6-1.

На рис. 6-11 показана только цепь подготовки элемента M_{34} импульсом с 365-й временной позиции; точка *37*, точка G_8 и далее к соответствующей обмотке элемента M_{34}. (Шины, обозначенные точками G_1—G_{21}, приходят на концы обмоток w_3—w_{23} элемента M_{34}, а шины, обозначенные точками H_1—H_{21}, на концы обмоток w_3—w_{23} элемента M_{32}; начала обмоток w_3—w_{23} этих элементов через индивидуальные сопротивления соединены соответственно с точками *41—61* элементов M_{17}—M_{23}).

Временная позиция	365	366	367	368	369	370
Точки	*37—48*	*6—56*	*15—43*	*24—51*	*25—59*	*34—46*

Элементы M_{34}, как было отмечено ранее, готовятся импульсами с 365, 367, 368, 370 и 371-й временной позиции по одной из обмоток w_3—w_{23}. Считываясь, этот элемент по цепи $нw_2M_{34}$ — диод $Д_{257}$—w_2M_{35}—R_{103}—$кw_2M_{34}$ готовит элемент M_{35}. Элемент M_{35}, считываясь, пошлет с обмотки w_3 отрицательные импульсы в линию связи, образующие код, показанный на рис. 6-13.

Выбор *КП* и прием команд осуществляются при помощи одних и тех же магнитных элементов M_1—M_7 (рис. 6-12). На этих сердечниках производится сначала дешифрация кодового сигнала выбора *КП*, а затем прием команд (если выбран данный *КП*). Если принятый код соответствует данному *КП*, то в результате дешифрации подготавливается элемент M_8, который в свою очередь подготавливает первый элемент M_1, и элементы M_1—M_7 начинают работать как обычный распределитель, вследствие чего могут быть приняты сигналы команд, следующие сразу же за кодом выбора *КП*. Если принятый код не соответствует данному *КП*, то элемент M_8 не сработает, первый элемент не будет подготовлен и сердечники M_1—M_7 не будут переведены в режим распределителя.

Рассмотрим сначала работу элементов M_1—M_7 в режиме дешифратора. Непосредственно дешифрация осуществляется путем сравнения записанного на элементах M_1—M_7 кода с кодом, на который настроена схема совпадения. Этот код настройки соответствует посылаемому, но читается в обратном порядке (с последнего элемента M_7), например, для кода 27 код настройки будет 1101101. Настройка дешифратора на данный код осуществляется путем соответствующих комбинаций сопротивлений и диодов, включенных с выходными обмотками w_4 элементов M_1—M_7.

Кодовая комбинация записывается на элементах M_1—M_7 следующим образом. Кодовые отрицательные

Таблица 6-1

371	372	373	374	375	376	377	378
3—54	*12—55*	*21—42*	*30—50*	*39—58*	*8—45*	*9—53*	*18—61*

импульсы поочередно подготавливают по обмотке w_2 элемент M_{10}, который, считываясь в отрицательную полуволну синусоиды питания, подготовит элемент M_{11} по цепи $нw_3M_{10}$—$Д_{16}$—$кw_2M_{11}$—$нw_2M_{11}$—R_{11}—$кw_3M_{10}$. Элемент M_{11}, считываясь, записывает 1 в распределитель M_1—M_7. Продвигаясь по распределителю, единица, наконец, достигнет последнего элемента M_7. При этом в распределителе будет записано число единиц, определяемое переданным кодом.

Во время считывания элемента M_7, т. е. когда первый опорный импульс в кодовой посылке считывается с последнего элемента распределителя и происходит дешифрация принятого кода. Схема совпадения, служащая для дешифрации принятого кода, работает следующим образом. Импульс с начала обмотки w_4 последнего элемента M_7 поступает через диод $Д_{85}$ и параллельно соединенные цепочки $Д_{41}R_{17}$, $Д_{45}R_{20}$, $Д_{56}R_{25}$, $Д_{73}R_{28}$ на сопротивление R_{35} и далее через сопротивление R_{33} на конец обмотки w_4. Имеется также другая цепь, параллельная первой: $нw_4M_7$—$Д_{86}$—R_{37}—R_{36}—R_{33}—$кw_4M_7$. Для обмоток w_4 элементов M_1—M_7, на которых возникают импульсы во время дешифрации кодового сигнала, при соответствии кода команде данного *КП* создаются цепи, препятствующие прохождению тока с обмотки w_4 элемента M_7 по сопротивлению R_{35}. В нашем случае код, записанный на элементах M_1—M_7 и отвечающий *КП27*, будет 1101101. Следовательно, создаются цепи для обмоток w_4 элементов M_1, M_2, M_4, M_5: $нw_4M_1$—$Д_{40}$—R_{17}—$кw_4M_1$; $нw_4M_2$—$Д_{44}$—R_{20}—$кw_4M_2$; $нw_4M_4$—$Д_{55}$—R_{25}—$кw_4$; $нw_4M_5$—$Д_{74}$—R_{28}—$кw_4M_5$.

Для обмоток w_4 тех элементов M_1—M_7, на которых во время дешифрации кодового сигнала, соответствующего номеру данного *КП*, не должно быть импульсов — для M_3 и M_6, создаются цепи: $нw_4M_3$—$Д_{50}$—R_{33}—$кw_4M_3$; $нw_4M_6$—$Д_{77}$—R_{33}—$кw_4M_6$.

В схеме совпадения сопротивления R_{17}, R_{20}, R_{25}, R_{28} и R_{37} равны между собой, равны также и сопротивления R_{35} и R_{36}, благодаря чему если хотя бы на одной из обмоток w_4 элементов M_1, M_2, M_4 или M_5 во время дешифрации импульс не возникает (значит, записанный код не соответствует данному *КП*), то напряжение между точками *1*, *2* будет или равно нулю, если импульс отсутствует только на одной из обмоток w_4, или больше нуля, если отсутствуют два и больше импульсов, т. е. схема, собранная на сопротивлениях R_{17}, R_{20}, R_{25}, R_{28}, R_{35}, R_{36}, R_{37} и на диодах $Д_{41}$, $Д_{45}$, $Д_{56}$, $Д_{73}$, $Д_{85}$, $Д_{86}$ предназначена для проверки соответствия комбинации единиц принятого кода с комбинацией единиц в коде, отвечающем номеру данного *КП*. Если на одной из обмоток w_4 элементов M_3 и M_6 появится импульс во время дешифрации, то диоды $Д_{85}$ и $Д_{86}$ окажутся запертыми, ток через сопротивления R_{35} и R_{36} протекать не будет и напряжение между точками *1*, *2* станет равным нулю, т. е. осуществляется проверка соответствия комбинации нулей принятого кода с комбинацией нулей в коде, на который настроен дешифратор.

Предположим теперь, что записанный на элементах M_1—M_7 код соответствует коду, на который настроена схема совпадения данного *КП*. Тогда импульсы, выделяемые на сопротивлениях R_{17}, R_{20}, R_{25}, R_{28} с обмоток w_4 элементов M_1, M_2, M_4, M_5, запрут соответствующие диоды $Д_{41}$, $Д_{45}$, $Д_{56}$, $Д_{73}$ для тока с обмотки w_4 элемента M_7, в результате чего напряжение между точками *1*, *2* станет отрицательным, и элемент M_8 подготовится импульсом тока с обмотки w_4 элемента M_7 по цепи: $нw_4M_7$—$Д_{86}$—R_{37}—$Д_{88}$—$кw_2M_8$—$нw_2M_8$—R_{38}—R_{35}—R_{33}—$кw_4M_7$.

Для того чтобы импульсы с выходных обмоток w_5 элементов M_1—M_7 при дешифрации не посылались на схему совпадения выходных элементов на тиратронах, а также в цепи выходных линейных блоков сигнализации, предусмотрен элемент M_9, который готовится с линейного блока приема отрицательных импульсов по цепи: $нw_3M_{11}$—$Д_{26}$—$кw_2M_9$—$нw_2M_9$—R_{12}—$кw_3M_{11}$. Этот элемент считывается одновременно с элементом распределителя и импульсом с выходной обмотки w_3, выделенным на сопротивлении R_{15}, запирает диод $Д_{34}$ для протекания тока с выходных обмоток w_5 распределителя, причем этот элемент M_9 при считывании готовит сам

себя. Импульсом с w'_3 заряжается конденсатор C_7, который после окончания тактового импульса, разряжаясь, готовит элемент M_9 по цепи C_7—$Д_{28}$—$кw_2M_9$—$нw_2M_9$—R_{12}—C_7. Таким образом, при дешифрации выходные цепи с обмоток w_5 элементов M_1—M_7 оказываются постоянно блокированными.

При считывании последнего элемента M_7 импульс с обмотки w_3 поджигает тиратрон $Л_8$, и все конденсаторы, стоящие в цепях связи C_1—C_7, разряжаются по цепям, проходящим через индивидуальные диоды $Д_0$, $Д_{47}$, $Д_{49}$ и т. д. и цепь $Д_{83}$—$Л_8$—w_3—M_7, причем длительность импульса с обмотки w_3 элемента M_7 должна быть больше, чем длительность импульсов с обмоток w_3 элементов M_1—M_6, M_9, иначе конденсаторы C_1—C_7 полностью не разрядятся. Таким образом, после считывания последнего элемента M_7 на всех элементах M_1—M_7 не остается ни одной записанной единицы, а элемент M_9 вне зависимости от передаваемого кода в следующие семь тактовых импульсов остается неподготовленным, и, следовательно, выходные цепи обмоток M_1—M_7 блокированы не будут.

Рассмотрим теперь работу элементов M_1—M_7 в качестве распределителя. Как указывалось, при соответствии принятого кода данному *КП* элемент M_8 подготавливается и при считывании готовит элемент M_1 по цепи: $нw_3M_8$—$Д_{89}$—$кw_2M_1$—$нw_2M_1$—R_{13}—$кw_3M_8$, вследствие чего элементы M_1—M_7 могут работать следующие семь тактов как обычный распределитель (как, например, в ТЦМ-60М). В эти семь тактов производится управление объектами выбранного *КП* и получение сигнализации о выполнении команды и изменении состояния объектов. После этих семи тактов на данный *КП* снова приходит кодовый сигнал, уже ему не соответствующий, вследствие чего элементы M_1—M_7 снова превращаются в дешифратор, который будет ждать своего кода, для того чтобы вновь настроить на работу в качестве распределителя элементы M_1—M_7.

Остановимся еще на приеме импульсов сигнализации на *ПУ* при передаче их с *КП*, когда элементы M_1—M_7 работают в режиме распределителя. Как легко подсчитать, импульс команды, например, на вызов первого объекта *КП* посылается с 372-й позиции многорядного распределителя, а импульс сигнализации о состоянии

первого объекта, посылаемый с первого элемента распределителя на *КП*, выделится на выходных обмотках элемента M_{24} *ПУ* на 372+6=378-й временной позиции, т. е. сдвиг составляет 6 временных позиций; поэтому импульс, посылаемый на схему совпадения, при квитировании должен быть послан с 372+5=377-й временной позиции. На схеме *ПУ* рис. 6-11 изображены ключи квитирования, соответствующие второму объекту на *КП27* — временная позиция 378 и третьему объекту на *КП27* — временная позиция 379, а также тиратроны сигнализации, соответствующие первому и второму объекту на *КП27* ($Л_5$, $Л_6$).

Система ТЦМ-6. Если нужно построить систему ТУ—ТС для большего числа контролируемых пунктов — более нескольких десятков, а на каждом *КП* число контролируемых объектов лежит в пределах *20—40*, то становится выгодным применить предлагаемую ниже систему, в которой в отличие от системы ТЦМ-5 на один объект на каждом *КП* будет приходиться менее одного магнитного элемента (элементы в линейных блоках не учитываются).

В основе построения данной системы лежит идея группового выбора *КП*; простота бесконтактного выполнения этой системы определяется применением на каждом *КП* многорядного распределителя. Предположим, имеется *К* контролируемых пунктов со средним числом объектов на каждом *КП*, равным *B*; тогда, учитывая, что с каждого *КП* необходимо передавать еще и сигнал о исправной работе данного полукомплекта, и разбив число *КП* на *m* групп, получим, что число временных позиций *A* на каждом *КП* должно определиться как

$$A = \frac{(B+1)K}{m} + m + 2, \qquad (6\text{-}1)$$

причем цифра 2 в этом выражении вводится при двухступенчатом управлении для учета передачи на все *КП* одной группы на одних и тех же временных позициях команд характера операции «включить» и «отключить». Легко показать, что минимум числа временных позиций на каждом *КП* определится из условия

$$m^2 = (B+1)K \qquad (6\text{-}2)$$

Очевидно, что решение определится только как целая часть положительного корня этого уравнения.

Время действия системы $Б$ определяется как произведение общего числа временных позиций на всех *КП* на период следования тактовых импульсов T:

$$Б = AmT = T[(B+1)K + m^2 + 2m]. \qquad (6\text{-}3)$$

Из уравнения видно, что время действия всей системы тем больше, чем больше число групп; поэтому если на время действия системы накладываются ограничения, можно выбрать соответствующее число m.

Рассмотрим пример: $K = 55$, $B = 22$.

Из уравнения (6-2) найдем $m \approx 36$; из уравнения (6-1) получим $A \approx 33 + 36 + 2 = 71$.

Определим время действия системы при питании от промышленной сети переменного тока 50 *гц*, т. е. $T = 0{,}02$ *сек*:

$$Б = 0{,}02[1\,210 + 1\,276 + 72] = 51{,}16 \text{ сек.}$$

Предположим далее, что на время действия системы наложено ограничение: оно должно быть не более 30 *сек*. Тогда число групп m можно найти из выражения (6-3):

$$T[(B+1)K + m^2 + 2m] \leqslant Б,$$

или

$$m^2 + 2m + 1\,210 \leqslant 1\,500.$$

Решая неравенство, находим $m = 14$. При этом время действия системы будет равно 28,74 *сек*. При данном разбиении число временных позиций на каждом *КП* будет равно $A = 1\,210/14 + 14 + 2 = 102$. Число временных позиций распределителя на *ПУ* должно быть равно общему числу временных позиций на всех *КП*: $Am = 102 \cdot 14 = 1\,428$.

Построим систему для разобранного выше примера. Применим на *КП* и *ПУ* многорядные распределители. Многорядный распределитель *КП* на 102 временные позиции построим следующим образом: распределитель первого ряда составим из 7 элементов, второго ряда — из 3 элементов и третьего ряда из 5 элементов. Общее число временных позиций $7 \cdot 3 \cdot 5 = 105$, число элементов

в распределителе — 15. Распределитель на *ПУ* строится по схеме 11·5·4·7=1 540 с общим числом элементов в распределителе 11+5+4+7=27.

На рис. 6-14 приведена блок-схема *ПУ* и одного *КП* системы ТУ—ТС типа ТЦМ-6. С первой временной позиции распределителя *ПУ* через выходной линейный

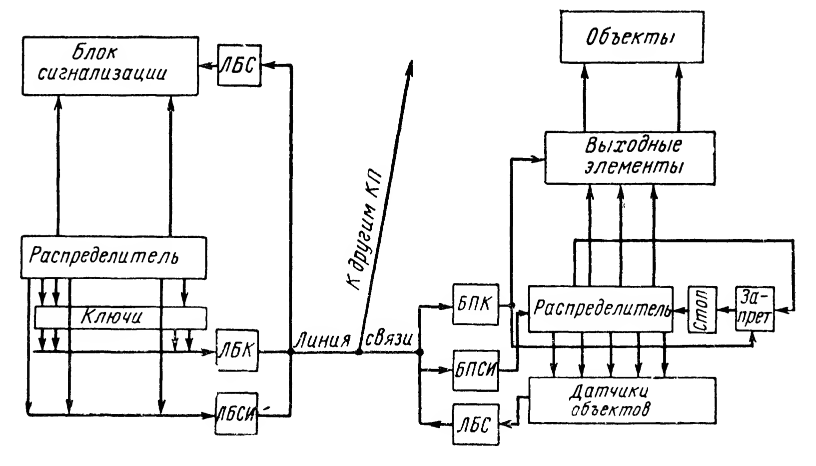


Рис. 6-14. Блок-схема системы ТЦМ-6.

блок ЛБСИ в линию связи передается отрицательный синхронизирующий импульс во время положительной полуволны синусоиды питания (рис. 6-15). Этот синхронизирующий импульс через линейные блоки приема синхронизирующего импульса *БПСИ* одновременно запустит распределители на всех *КП*. Как было показано выше, все *КП* делятся на 14 групп, т. е. имеется примерно четыре *КП* в группе. Схемы четырех *КП*, относящихся к первой группе, построены таким образом, что импульс с первой временной позиции каждого распределителя *КП* подается на блок остановки «*Стоп*» распределителя. Схемы четырех *КП*, относящихся ко второй группе, построены так, что импульсы со второй временной позиции каждого распределителя *КП* подаются на блок остановки распределителя и т. д. Со второй временной позиции распределителя *ПУ* в линию связи подается положительный импульс команды *2* (рис. 6-15) через линейный блок команд *ЛБК* (рис. 6-14). Этот импульс

принимается приемными блоками команд *БПК* всех *КП* и далее подается на схему запрещения («Запрет») остановки распределителей (рис. 6-14). Но эти импульсы запрещают остановку распределителей только четырех *КП* первой группы, так как подаются на схему запрета в момент возникновения импульсов на первой временной позиции распределителей *КП*. Итак, к 15-й временной позиции распределителя *ПУ* работать будут только распределители контролируемых пунктов первой группы.

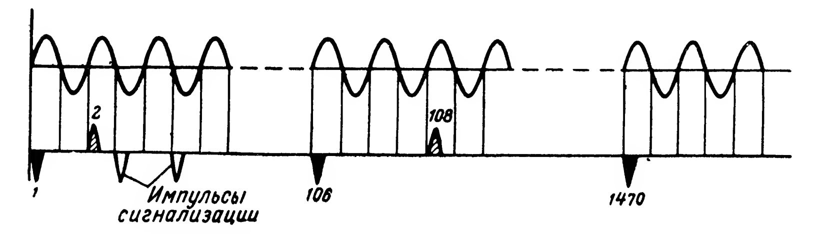


Рис. 6-15. Временная диаграмма работы системы ТЦМ-6.

Следующие две временные позиции (15 и 16) отводятся для передачи с *ПУ* импульсов команды характера операции «включить» и «отключить». В оставшиеся 89 временные позиции осуществляется контроль и управление объектами *КП*, причем для каждого *КП* в группе отведены свои временные позиции. Затем с 106-й временной позиции распределителя *ПУ* в линию связи вновь подается синхронизирующий импульс (рис. 6-15), вновь запускающий все *КП*. Однако положительный импульс команды подается теперь с 106+2=108-й временной позиции распределителя *ПУ*, и происходит выбор второй группы *КП*. Так как импульс с 108-й временной позиции распределителя *ПУ* подается на схему блоков запрета во время возникновения импульсов на 2-й временной позиции распределителей *КП*, то, следовательно, будет запрещена остановка только четырех распределителей второй группы, и к 106+15=121-й временной позиции распределителя *ПУ* (15-й временной позиции распределителя *КП*) работать будут только распределители *КП* второй группы и т. д.

На рис. 6-16 представлена принципиальная схема *КП*, относящегося к пятой группе (схема полукомплекта *ПУ* аналогична системе ТЦМ-5). Магнитные

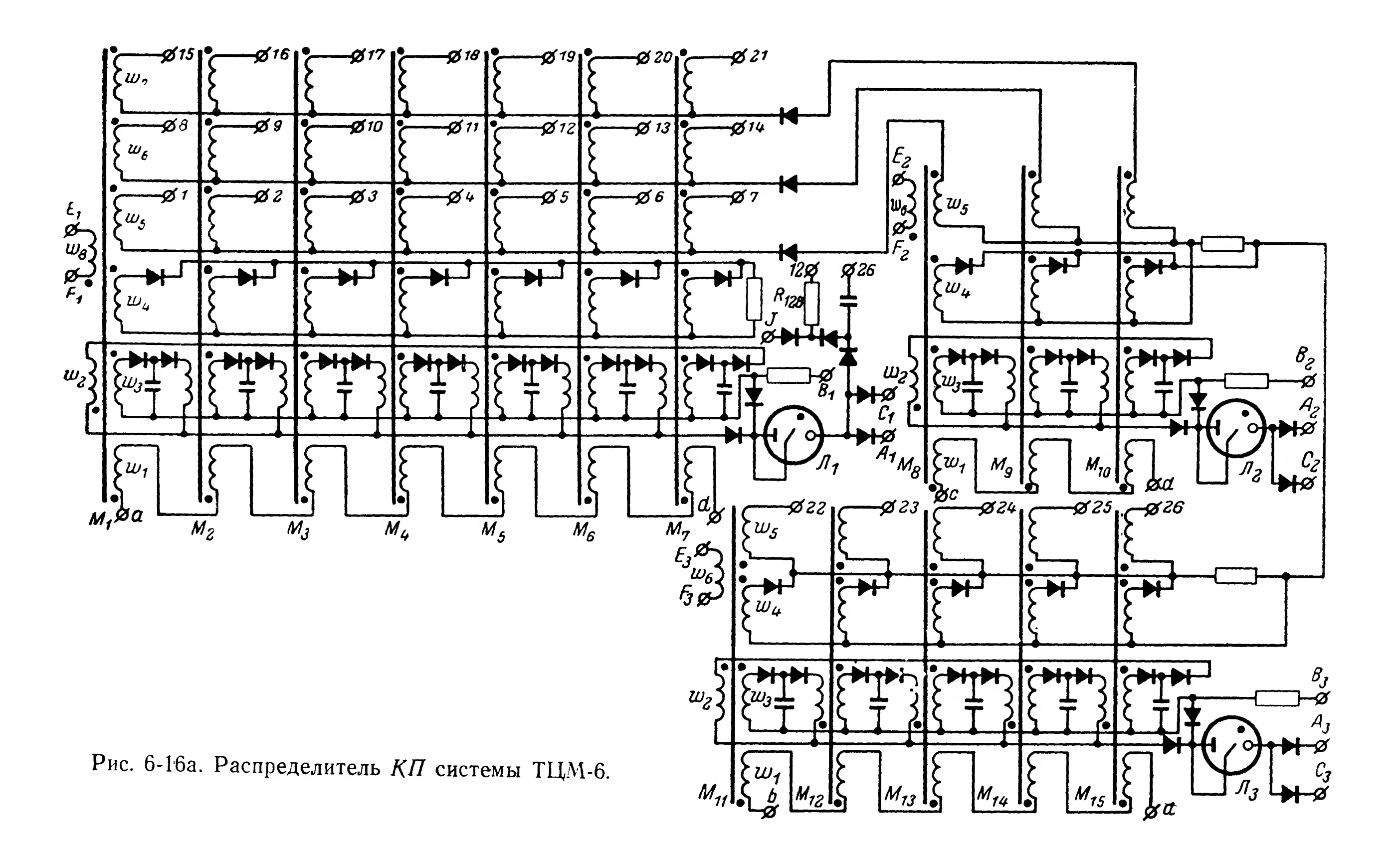


Рис. 6-16а. Распределитель *КП* системы ТЦМ-6.

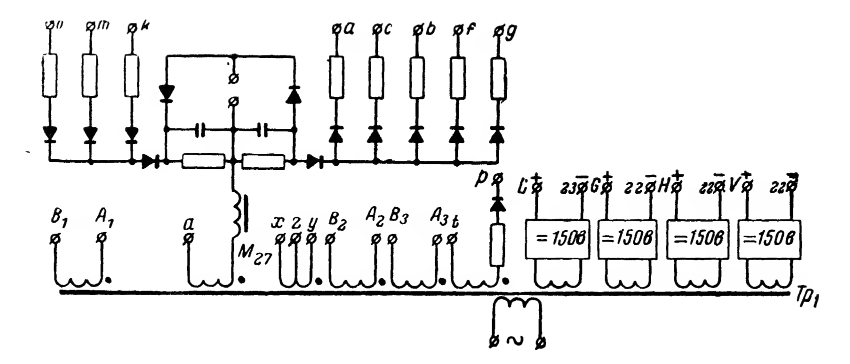


Рис. 6-16б. Блок питания КП системы ТЦМ-6.

элементы M_1—M_7 составляют распределитель первого ряда многорядного распределителя *КП*, элементы M_8—M_{10} — распределитель второго ряда и элементы M_{11}—M_{15} — распределитель третьего ряда. На элементах M_{19}—M_{22} собран линейный блок приема синхроимпульса из линии связи, а на элементах M_{16}—M_{18} — линейный блок приема положительных импульсов команд. Выходной линейный блок импульсов сигнализации собран на элементах M_{23}, M_{24}, M_{25} и M_{26}; магнитные элементы M_{23} и M_{24} служат для передачи в линию связи положительных, и элементы M_{25}, M_{26} — для передачи отрицательных импульсов сигнализации, т. е. в системе предусмотрен контроль за состоянием трехпозиционных объектов. Дроссельный формирователь тактовых импульсов собран на элементе M_{27}. Выходные элементы собраны на тиратронах с холодным катодом $Л_4$—$Л_{27}$.

Рассмотрим работу *КП*, схема которого представлена на рис. 6-16, более подробно. Первый синхронизирующий импульс, посылаемый в линию связи с 1-й временной позиции распределителя *ПУ*, подготавливает по обмотке w_2 элемент M_{19}. Этот элемент, считываясь, в отрицательную полуволну синусоиды питания по цепи $нw_3M_{19}$—$Д_{29}$—$кw_2M_{20}$—$нw_2M_{20}$—$кw_3M_{19}$ подготовит элемент M_{20}, который будет считываться во время положительной полуволны и импульсом с выходной обмотки w_3 подготовит элемент M_{21}. Как было показано, при рассмотрении работы *КП* системы ТЦМ-4 синхронизирующий импульс, принятый линейным блоком *КП*, дол-

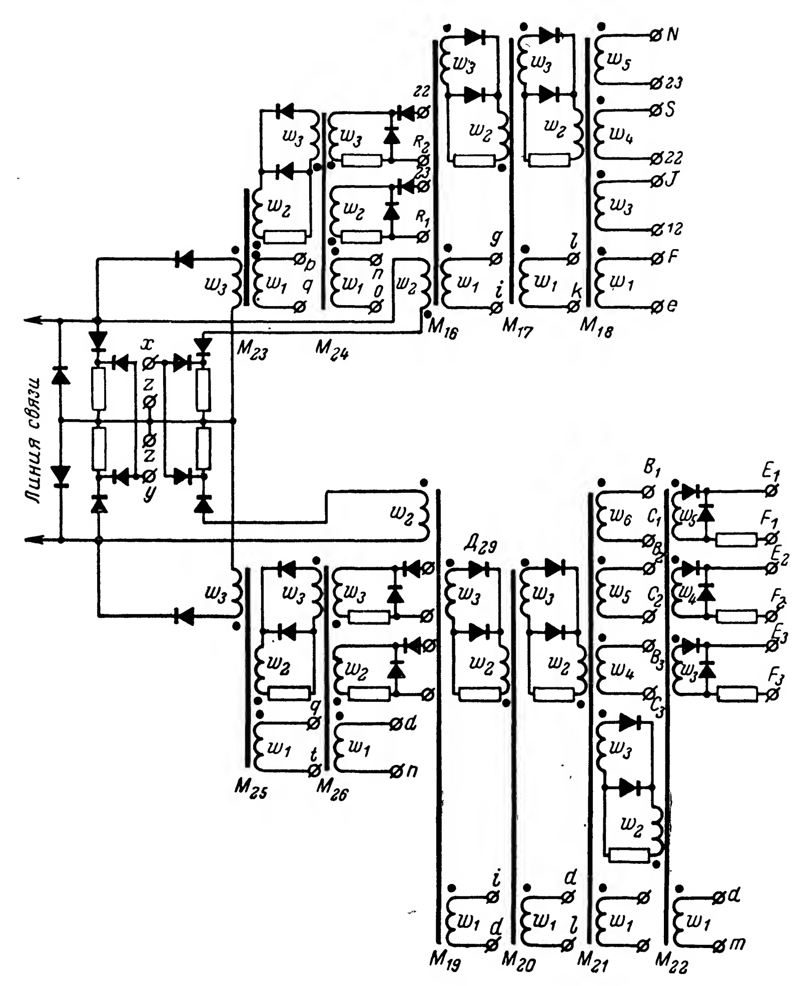


Рис. 6-16в. Линейные блоки *КП* системы ТЦМ-6.

жен сначала остановить все распределители-ряды многорядного распределителя и затем вновь запустить их. Остановка в этой системе осуществляется аналогично системе ТЦМ-4, останавливающие импульсы снимаются с обмоток w_4, w_5, w_6 элемента M_{21}, и запускаются распределители импульсами с обмоток w_3, w_4, w_5 элемента M_{22}, которые готовят первые элементы распреде-

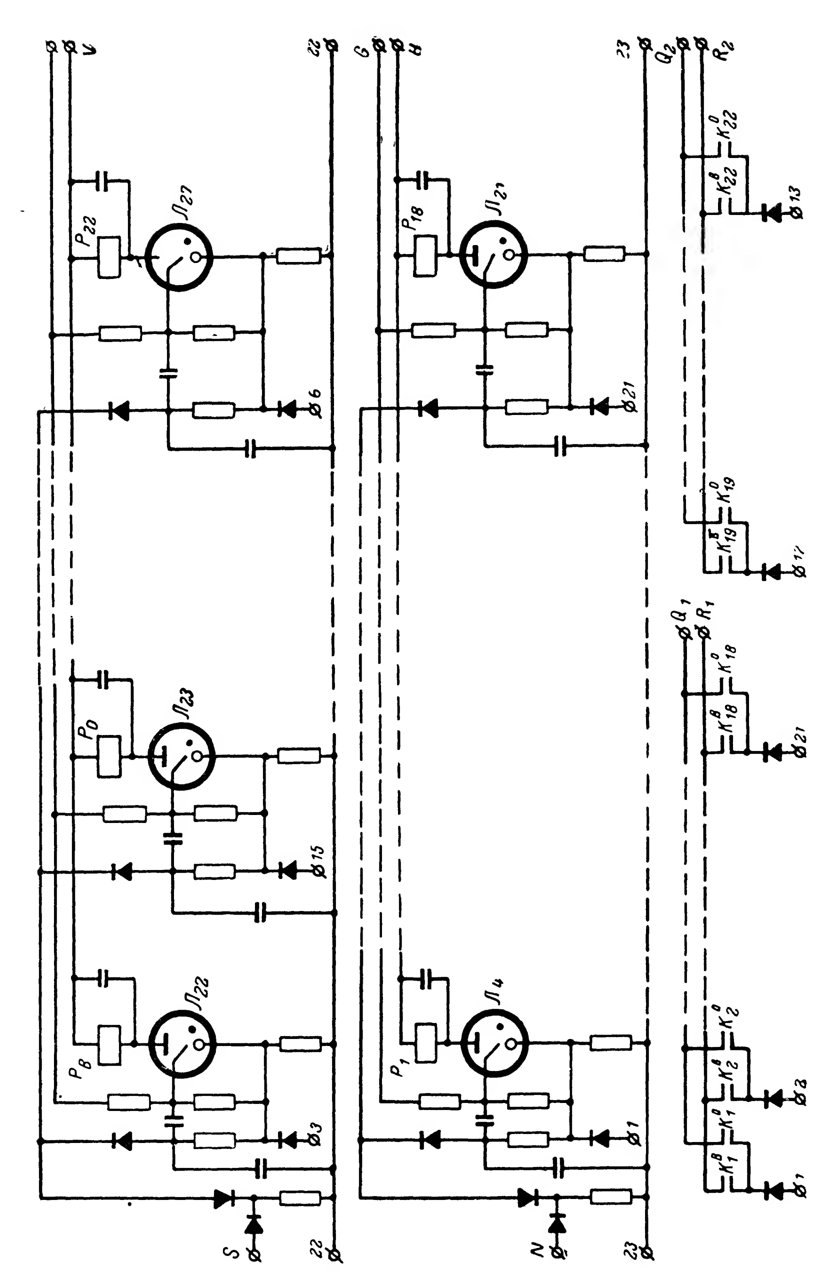


Рис. 6-16г. Исполнительные элементы *КП* системы ТЦМ-6.

лителей соответственно: M_1 — по обмотке w_8, M_8 — по обмотке w_6 и M_{11} — по обмотке w_6.

Так как данный *КП* относится к пятой группе, то импульс с 5-й временной позиции распределителя *КП*, снимаемый между точками *12—26*, подается через сопротивление R_{128} и диод на зажигание тиратрона $Л_1$, стоящего в цепи связи распределителя первого ряда многорядного распределителя (конденсатор ставится для увеличения времени горения тиратрона $Л_1$), благодаря чему конденсатор оказывается разряженным, и распределитель на элементах M_1—M_7 останавливается. Остановка распределителя первого ряда фактически означает остановку всего многорядного распределителя (напряжение между точками *1—21*, лежащими на началах обмоток w_5—w_7 элементов M_1—M_7 и точками *22—26* постоянно равно нулю). Точно так же распределитель *КП* будет останавливаться импульсом со своей 5-й временной позиции при запуске его синхроимпульсом, посланным с 106, 211 и 316-й временной позиции многорядного распределителя на *ПУ*.

После очередного запуска распределителя *КП* синхроимпульсом, посланным с 421-й временной позиции распределителя на *ПУ*, распределитель на *КП* не останавливается, так как в линию связи поступает положительный импульс команды выбора пятой группы, посылаемый с 421+5=426-й временной позиции распределителя *ПУ*. Этот импульс готовит элемент M_{16} по обмотке w_2, который считывается в отрицательную полуволну синусоиды питания и готовит элемент M_{17}. При считывании элемента M_{17} готовится элемент M_{18}. Этот элемент считывается в отрицательную полуволну синусоиды питания и подает импульс с обмотки w_3 на сопротивление R_{128}, запирая диод для протекания тока импульса с 5-й временной позиции, возникающего одновременно; тиратрон не зажигается и многорядный распределитель продолжает работать.

Начиная с 15-й, временные позиции используются для управления и контроля объектами всех *КП*, относящихся к пятой группе. Наиболее рационально разделить временные позиции между *КП* не по порядку, а так, чтобы на первое *КП* пятой группы приходились временные позиции, снимаемые между точками *1—21* и точкой *23*, на второе *КП* — между точками *1—21* и точкой *24*

и т. д. Однако три временные позиции (всего 15=3×5) относительно каждой из точек *23—26* отводятся для выбора группы: вторая позиция — точки *9—23*; седьмая позиция — точки *7—23*; двенадцатая позиция — точки *19—23*; третья позиция — точки *17—24*; восьмая позиция — точки *8—24*; тринадцатая позиция — точки *6—24* и т. д. Поэтому недостающие четыре (нужно 22!) временные позиции «занимаются» у свободных временных позиций, приходящихся на точку *22*, исключая 16-ю и 21-ю временные позиции, которые предназначаются для управления выходными элементами, соответствующими командам «включить» и «отключить». Таким образом, этими «занимаемыми» позициями для данного *КП* пятой группы будут: 31 импульс, снимаемый между точками *3—22*, *36* — между точками *15—22*, *41* — между точками *13—2*, *46* — между точками *6—22*. На рис. 6-16 показано управление выходными элементами на тиратронах импульсами с соответствующих точек многорядного распределителя.

Импульсы сигнализации посылаются в линию связи через соответствующие датчики объектов $K^{в}$ и $K^{о}$ и линейные блоки с тех же временных позиций.

При посылке с многорядного распределителя *ПУ* последующих синхроимпульсов с 526-й, 631-й и т. д. временных позиций распределитель данного *КП* будет запускаться, но работать будет только во время пяти первых тактов, после чего будет останавливаться импульсом со своей 5-й временной позиции.

Система имеет следующее количество деталей.

Число деталей на одну команду (без учета общих блоков):

магнитных элементов	0,34
диодов	4
тиратронов тлеющего разряда	1
конденсаторов	4
сопротивлений	4

Число деталей в общих блоках:

	ПУ	*КП*
магнитных элементов	13	12
диодов	200	53
тиратронов тлеющего разряда	8	3
конденсаторов	8	3
сопротивлений	90	30

Рассмотрение результатов, характеризующих число деталей на одну команду для всех описанных систем, показывает значительное их совпадение. Это объясняется тем, что для каждого случая рассредоточенности был найден такой принцип построения системы, который обеспечил минимальное число деталей на одну команду.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЕРИЙНЫХ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ ПРИБОРОВ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Тип прибора	Выполняемая функция	Количество входов (управляющих сеток)	Анодное напряжение питания $U_а$, *в*	Напряжение горения (падение напряжения на лампе) $U_г$, *в*	Амплитуда выходного сигнала $U_а - U_г$, *в*	Анодный ток *ма* (*а*)	
						минимальный	максимальный
МТХ-90	Триод	1 а) 1 б)	85—200 85—150	45—65	20—150 20—100	0,05	35 (5 *а*)
ТХ-1	„	1	100—150	65—85	15—85	0,1	30
ТХ-2	„	1	200—350	80—125	50—270	5	100
ТХ-3Б	Тетрод	1	175	100—112	65	0,05	5
ТХ-4Б	„	1 а) б)	150—180	100—125	25—70	0,05	7 (70)
ТХ-5Б	Триод	1	175—225	110—160	15—100	0,05	1,5
ТХ-6Г	И — память	3	270—300	130—170	100—170	0,1	2
ТХ-7Г	Запрет	2	270—300	120—140	130—180	0,1	2
ТХ-8Г	И	2	270—300	120—140	130—130	0,1	2
ТХ-9Г	И — ИЛИ	3	270—300	120—140	130—130	0,1	2
ТХ-11Г	Электрометрическая лампа	1	200—230	90—125	75—105	—	10
ТХ-12Г	Октод	1	250—275	120—160	90—160	—	10 (100)
ТХ-13Г	Пентод	1	180—220	95—120	60—140	0,05	5
ТХ-И1Г	„	1	205—275	70—100	100—175	25 *а*	60 *а*
ТХ-И2С	Тетрод	2	180—300	20—140	40—280	0,2	200 *а*

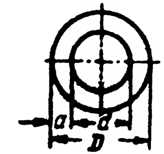
Тип прибора	Отпирающее сеточное напряжение зажигания U_c, *в*	Управляющий импульс: амплитуда, *в*	Управляющий импульс: длительность, *мксек*	Время деионизации (восстановления), *мксек*	Гарантируемая долговечность при указанном среднем токе, *ч*	Надежность (опасность отказов) λ, 1/*ч*	Размеры баллона без выступов (диаметр и высота), *мм*
МТХ-90	65—90	25—50	20	100—700	5 000 (2 *ма*)	$1\cdot10^{-7}$	12×32
	I_c=3 *мка*	5—25	10		2 500 (4 *ма*)	—$19\cdot10^{-6}$	
ТХ-1	65—95	30—100	10^3	1 000	100 (30 *ма*)		34×85
ТХ-2	150—300	200	10^3	500	500 (12 *ма*)		19×50
ТХ-3Б	65—77	25—40	10	50—150	5 000 (2,5 *ма*)	$(19—31)\cdot10^{-6}$	10×40
ТХ-4Б	86—96	20—80	10	20—100	1 000 (3,5 *ма*)	$(0,8—12)\cdot10^{-6}$	10×40
	I_c=10 *мка*	2—10	10				
ТХ-5Б	I_c=15 *мка*	1,2—6	10	30—100	5 000 (0,25 *ма*)	$(2—7)\cdot10^{-6}$	7,2×25
ТХ-6Г	55—95; 60—100	120	20	100—200	5 000 (1 *ма*)		13×50
ТХ-7Г	50—80; 150	100	10	100—200	5 000 (1 *ма*)		13×50
ТХ-8Г	40—70; 90—110	100	25	100—200	5 000 (1 *ма*)	$2\cdot10^{-6}$	13×50
ТХ-9Г	40—80; 90—110	100	35	100—200	5 000 (1 *ма*)		13×50
ТХ-11Г	100—125	35—125	10^7	1—7 *сек*	100 (10 *ма*)		13×60
ТХ-12Г	65—108	75	10	350	1 000 (10 *ма*)		13×50
ТХ-13Г	65—110	70	1	5—20	5 000 (1 *ма*)		„
ТХ-И1Г	30—90	120	100	—	1 (40 *а*, 10^3 *имп*)		13×45
ТХ-И2С	75—150	160	100	1 000	500 (50 *а*, $5\cdot10^8$ *имп*)		33×72

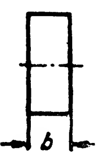
Примечания к графам: 1. Прибор МТХ-90 имеет несколько модификаций, обладающих теми же параметрами: микротриод (диаметр 6, высота 15 *мм*, I_a=2—5 *ма*; лампа телевизионная (с двумя сетками).

3. Прибор ТХ-2 выдерживает обратное напряжение 2 800 *в* при 0,6 *ма* и температуру баллона +150° С: а) потенциальный режим, б) токовый режим.

7. В скобках приведены данные при работе прибора в импульсном режиме.
8. Для приборов ТХ6Г, ТХ7Г, ТХ8Г, ТХ9Г приведены данные по двум сеткам.
9. Амплитуда управляющего импульса характеризует чувствительность прибора.
10. Долговечность ламп обратно пропорциональна току в третьей степени. В скобках указана величина среднего тока, рекомендуемого для данного прибора, тогда как крайние значения приведены в столбце 7.

МАГНИТОПРОВОДЫ ЛЕНТОЧНЫЕ ТОРОИДАЛЬНЫЕ ДЛЯ МАГНИТНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ И БЕСКОНТАКТНЫХ МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ





Обозначение магнитопровода	Размеры, *мм*				Справочные величины			
					Активное полнсе сечение, *см²*	Длина средней силовой линии, *см*	Площадь окна, *см²*	Вес магнитопровода, *г*
	d	D	a	b	S	$l_{ср}$	$Q_{ок}$	$G_{ст}$
ОЛ-6/8-2,5	6	8	1	2,5	0,025	2,2	0,28	0,43
ОЛ-8/10-2,5	8	10				2,8	0,5	0,55
ОЛ-10/12-2,5	10	12				3,45	0,78	0,675
ОЛ-12/14-3	12	14	1	3	0,03	4,1	1,13	0,96
ОЛ-12/14-4		14		4	0,04			1,28
ОЛ-14/17-3	14	17	1,5	3	0,045	4,86	1,54	1,71
ОЛ-14/17-4				4	0,06			2,3
ОЛ-16/20-3	16	20	2	3	0,06	5,65	2,0	2,65
ОЛ-16/20-4				4	0,08			3,54
ОЛ-16/20-5				5	0,1			4,42
ОЛ-18/23-4	18	23	2,5	4	0,1	6,46	2,55	5,0
ОЛ-18/23-5				5	0,125			6,3
ОЛ-20/25-5	20	25	2,5	5	0,125	7,1	3,14	6,9
ОЛ-20/25-6,5				6,5	0,162			9,1
ОЛ-20/28-5		28	1	5	0,2	7,55		11,8
ОЛ-20/28-6,6				6,5	0,26			15,3
ОЛ-22/30-5	22	30	4	5	0,2	8,2	3,82	12,7
ОЛ-22/30-6,5				6,5	0,26			16,5

Обозначение магнитопровода	Размеры, *мм*				Справочные величины			
					Активное полное сечение, $см^2$	Длина средней силовой линии, *см*	Площадь окна, $см^2$	Вес магнитопровода, *г*
	d	*D*	*a*	*b*	*S*	$l_{ср}$	$Q_{ок}$	$G_{ст}$
ОЛ-25/35-5	25	35	5	5	0,25	9,42	4,9	18,3
ОЛ-25/35-6,5				6,5	0,325			23,8
ОЛ-25/40-5		40	7,5	5	0,375	10,2		27,6
ОЛ-25/40-6,5				6,5	0,49			36
ОЛ-28/40-8	28	40	6	8	0,48	10,7	6,1	40
ОЛ-28/40-10				10	0,6			50
ОЛ-32/45-8	32	45	6,5	8	0,52	12,1	8,0	48,8
ОЛ-32/45-10				10	0,65			61
ОЛ-32/50-8		50	9	8	0,72	12,9		58,5
ОЛ-32/50-10				10	0,9			73
ОЛ-36/56-8	36	56	10	8	0,8	14,4	10,2	90
ОЛ-36/56-10				10	1,0			112
ОЛ-40/56-12,5	40	56	8	12,5	1,0	15	12,5	117
ОЛ-40/56-16				16	1,28			150
ОЛ-40/64-12 5		64	12	12,5	1,5	16,3		190
ОЛ-40/64-16				16	1,92			243
ОЛ-45/70-16	45	70	12,5	16	2,0	18	16,1	280
ОЛ-50/70-20	50	70	10	20	2	18,8	19,6	294
ОЛ-50/70-25				25	2,5			368
ОЛ-50/80-20		80	15	20	3,0	20,4		480
ОЛ-50/80-25				25	3,75			600
ОЛ-56/90-20	56	90	17	20	3,4	22,8	24,6	605
ОЛ-56/90-25				25	4,25			755
ОЛ-64/100-20	64	100	18	20	3,6	25,6	32,2	725
ОЛ-64/100-25				25	4,5			906
ОЛ-64/100-32				32	5,75			1 160
ОЛ-70/110-32	70	110	20	32	6,4	28,2	38,5	1 410
ОЛ-70/110-40				40	8,0			1 760
ОЛ-80/128-32	80	128	24	32	7,7	32	50,2	1 970
ОЛ-80/128-40				40	9,6			2 450
ОЛ-90/140-40	90	140	25	40	10	36,4	63,7	2 810
ОЛ-100/160-32	100	160	30	32	9,6	41,0	78,5	3 140
ОЛ-100/160-40				40	12			3 820

ЛИТЕРАТУРА

1. Генис А. А., Горнштейн И. Л., Пугач А. Б., Приборы тлеющего разряда, Гостехиздат, УССР, 1963.
2. Козлов Г. Л., Новые бесконтактные магнитные элементы, Госэнергоиздат, 1963.
3. Кораблев Л. Н., Новые применения ламп с холодным катодом в импульсной аппаратуре, филиал ВИНТИ, 1956.
4. Розенблат М. А., Магнитные усилители, изд-во «Советское радио», 1960.
5. Тутевич В. Н., Жожикашвили В. А., Коммутатор, выполненный на магнитных элементах с прямоугольной петлей гистерезиса, «Автоматика и телемеханика», 1954, № 1.
6. Тутевич В. Н., Бесконтактная циклическая система телемеханики, филиал ВИНТИ, 1957.
7. Тутевич В. Н., Система телеконтроля на магнитных элементах, сборник «Телемеханизация в народном хозяйстве», АН СССР, 1956.
8. British Communication and Electronics, 1964, № 7.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 51 коп.